

2015年度
修士論文

黒毛和種子牛の代用乳および人工乳の給与法の
改善に関する実証的研究

21431014 高山 恵

指導教員 家畜繁殖学 堂地 修 教授
酪農学園大学大学院酪農学研究科

目次

緒論	.....	1
第Ⅰ章 黒毛和種子牛における哺乳量および代用乳の栄養成分が子牛の発育に 及ぼす影響		
第1節 諸言	.....	5
第2節 材料および方法	.....	7
第3節 結果	.....	12
第4節 考察	.....	32
第5節 要約	.....	39
第Ⅱ章 スターターとしてのアルファルファ発酵飼料の給与が黒毛和種子牛の 発育に及ぼす影響		
第1節 諸言	.....	40
第2節 材料および方法	.....	43
第3節 結果	.....	46
第4節 考察	.....	61
第5節 要約	.....	65

第Ⅲ章 総括	.....	65
謝辞	.....	70
英語要約	.....	71
引用文献	.....	76

緒論

肉用牛の飼養戸数は 2015 年が 54,400 戸で、廃業等により 10 年前の 2005 年に比べて 35,200 戸減少しているが、1 戸当たり飼養頭数は 45.8 頭で、10 年前の 2005 年に比べて 14.8 頭増加している[30]。黒毛和種に限ってみても、近年一戸あたりの飼養頭数が増加している。飼養頭数の増加にともない早期離乳、人工哺乳、哺乳ロボットの導入が増えている。加えて近年は代用乳の成分や給与量を検討した研究が増えている[4、12、28、29、53]。

これまで黒毛和種子牛の哺乳方法は、省力的で代用乳の費用がかからず経済性も高い 4～6 か月間の自然哺乳が一般的である[2、14、38]。従来の自然哺乳は常時親子を同居させて哺乳する方法であるが、牛房を柵で仕切り、子牛のみ通れる大きさの隙間を設け、1 日 1 回～2 回哺乳する制限哺乳法も報告されている[1、48]。自然哺乳に比べ、制限哺乳は親とは別のスペースに子牛専用の乾草やスターターを置くことで、自然哺乳よりも飼料の採食馴致が容易である。また、哺乳回数を生後 7 日から 20 日目頃まで制限すると母牛の発情回帰が早まるという報告もある[1、20、48]。

黒毛和種の泌乳量は、分娩後 1～3 週でピークに達したの

ち漸減し、1日の平均泌乳量は1944年の調査によると4.50である[14、38]。そのため子牛が母乳のみに栄養的に依存できるのは大よそ3週齢までと考えられる。

阿部ら[1]は、黒毛和種子牛が自然哺乳の条件下でどの程度の母乳を飲むのか、交雑種を受卵牛として胚移植により生産した子牛を使って体重差法により調査した結果、平均哺乳量は7 kg/日であったと報告している。さらに、体重差法により黒毛和種母牛の泌乳量を調査した結果、平均4～5 kg/日であったと報告している。一方、遺伝的改良と飼養管理技術の向上により黒毛和種子牛の生時体重は昭和52年の雄子牛が26～32 kg、雌子牛が24～27 kgに比べ近年は、雄子牛が35～40 kg、雌子牛が30～35 kgと大きくなっている[7、61]。このことから現在の黒毛和種母牛の泌乳量は、子牛が必要とする哺乳量を満たしていない可能性がある[1、14]。また、自然哺乳の場合、母牛の泌乳量が少ないと子牛の発育が遅延する可能性も示している。さらに、自然哺乳の子牛の哺乳量が足りない可能性があることから、近年は追加哺乳の効果に関する研究も行われている[32]。

近年、乳用種子牛における人工哺育・早期離乳技術の確立や、乳牛を借腹とした黒毛和種子牛の人工哺育技術の開発に

ともない黒毛和種子牛においてもカーフハッチやペンで人工哺育する技術が広く普及しつつあり[24、44]、肉用種の子牛専用の代用乳およびカーフスターターが市販されるようになった。人工哺乳の期間は、乳用種子牛では4～6週間が多いが、黒毛和種子牛では乳用種子牛に比べてスターターの摂取量が少ないため、哺乳期間は8～10週間が一般的である[28、29、44]。

スターターは圧片トウモロコシ、大豆かす、小麦などが配合されているが、その末端価格は穀物の国際価格や海上運賃の上昇により高騰しており、2007年には2006年前半に比べて2割上昇している[30]。畜産物の生産コスト全体も5～15%上昇していると試算されており、今後も畜産経営における飼料費の負担は増える予想される[30]。

近年、飼料コストを低減するため肥育用の穀物飼料の代替となるタンパク源の検討がなされている[13]。しかし、子牛のスターターの代替飼料の報告はみられず、輸入穀物飼料が主体になっており、子牛のスターターにおいても穀物の代替となるタンパク源の検討を行う必要がある。穀物を主体とするスターターの代替飼料の条件として、タンパク質が豊富で嗜好性が高く、発育がスターターと同等かそれ以上で、生産

現場への普及が容易であること挙げられる。

近年、ニュージーランドでは子牛のスターターの代替飼料としてアルファルファの発酵飼料が利用されている [<http://www.fiber-fresh.com/>]。アルファルファは他の草種に比べ蛋白質、ミネラルやビタミン類の含量が高く [3、34、47、54]、穀物飼料の代替となり得る可能性があるが、その効果に関する検討は十分になされていない。

本研究は、黒毛和種子牛の代用乳およびスターターの給与法の改善を目的として、一章では黒毛和種子牛の人工哺乳における哺乳量ならびに栄養成分が、離乳後の子牛の発育、子牛市場価格、肥育成績、繁殖用後継牛として保留した雌子牛の春機発動や性成熟、その後の繁殖成績等に及ぼす影響について検討した。第二章では、穀物主体のスターターの代替飼料として、アルファルファ発酵飼料を給与し、子牛の発育に与える影響について検討した。

第 I 章

黒毛和種子牛における哺乳量および代用乳の栄養成分が子牛の発育に及ぼす影響

第 1 節 諸言

黒毛和種子牛の哺乳方法は、母牛による 4～6 か月齢までの自然哺乳が一般的である[14、33、38]。黒毛和種子牛の生後 3 か月齢までの発育は、その後の発育の良否を決定づける大切な時期で[29、50]、哺乳期間の発育がその後の日増体重や春機発動の発現時期に影響する[35]。近年、黒毛和種子牛の生時体重は遺伝的改良によって増加しており[7]、自然哺乳のみでは子牛の持つ発育能力を十分に発揮できない可能性がある。

阿部ら[1]は、黒毛和種子牛が自然哺乳の条件下で哺乳量は 7 kg/日であったと報告している。さらに、黒毛和種母牛の泌乳量は平均 4～5 kg/日であったと報告している。この二つの調査結果は、黒毛和種の泌乳量は子牛が必要としている哺乳量を満たしていないことを示している[14]。そのため、子牛が持つ本来の遺伝的な発育能力を十分に引き出すために人工哺乳の技術導入が重要であると考えられる。

高山ら[51]は、黒毛和種子牛における哺乳量および代用乳の栄養成分が子牛の発育に及ぼす影響について検討し、高タンパク質・低脂肪の代用乳を1日8ℓ給与すると従来の哺乳方法に比べて発育が優れ、濃厚飼料の採食量も多い傾向にあることを明らかにしている。

このようなことから、黒毛和種子牛においても、哺乳期の栄養改善を行い、子牛の発育能力を十分に発揮できる哺育・育成技術の確立と普及を図る必要があると考えられる。

本章では、黒毛和種子牛の人工哺乳における哺乳量ならびに栄養成分が、離乳後の子牛の発育、子牛市場価格、肥育成績、雌子牛の春機発動、性成熟、繁殖成績に及ぼす影響について検討した。

第 2 節 材料および方法

1. 供試牛

本研究では、本学フィールド教育研究センター肉畜ステーション肉牛農場（肉牛農場）で 2012 年度から 2015 年度に生まれた子牛 51 頭を用いた。

2. 哺乳方法

分娩後 7 日間は初乳期間として母子を同居させた。その後、カーフハッチに移し、栄養成分の異なる 3 種類の代用乳を用いて人工哺乳を 90 日間行った。子牛は、高蛋白・低脂肪の代用乳を用いた A 区（粗蛋白質 28.0%、粗脂肪 18.0%）、高蛋白・高脂肪の代用乳を用いた B 区（粗蛋白質 26.0%、粗脂肪 26.0%）、一般的な蛋白質および脂肪含量の代用乳を用いた C 区（粗蛋白質 27.0%、粗脂肪 19.0%）および制限哺乳法の D 区に区分した。供試牛は A 区 18 頭、B 区 14 頭、C 区 12 頭、D 区 7 頭であった。

代用乳は、A 区 (200g/ℓ) および B 区 (125g/ℓ) が一日最大 8ℓ、C 区 (140g/ℓ) は最大 6～8ℓ を与えた (図 I-1)。D 区は自然哺乳下で子牛のみ出入り可能な施設を用いて母子を別飼いし、哺乳は朝夕 2 回、15 分間のみ行い、それ以外は自由にスター

ター、乾草を摂取できるようにした(図 I - 2)。

3. スターターの採食量の測定

スターターは人工哺乳開始時から給与した。採食量が増加するまでは 1 日 1 回の給与、採食量が日量 500 g を超えた時点(平均 50 日齢)から朝夕 2 回給与し、毎日の残飼量を計測した。採食量は給与量から残飼量を引いた値とした。また、育成期に給与する濃厚飼料は全て生後 62 日に 200g から開始し 5 日毎に 100g 増量した。離乳は全て 90 日齢で行なった。

4. 子牛の体格測定

子牛出生時には体重のみを測定した。その後、肉牛農場が 2 週間毎に実施している牛群全体の体格測定時に本試験の供試牛も体重、体高、胸囲および腹囲を 2 週間ごとに測定した。また、体重および体高は黒毛和種正常発育曲線(以下、全国平均値)と比較した[59、60]。日増体重(以下、DG)を算出($DG = \text{体重} \div \text{日齢}$)した。

また、以下の方法で算出した値を用いて、試験区間の体重および体高を比較した。

体重の増加量 = 離乳時の体重 - 生時体重

体高の増加量＝離乳時の体高－生時体高（2週目の体測値）

5. 発情観察

発情観察は毎日朝と夕に発情行動（マウンティング、スタンディング、咆哮など）、外陰部の充血および腫脹の有無、粘液の有無を確認により実施した。また、歩数計（牛歩、コムテック）を右前肢に装着して歩数の計測を行い、発情観察の補助的手段として利用した。

6. 卵巣および子宮の観察

卵巣と子宮の観察は、8ヶ月齢以降より直腸検査法および超音波画像診断装置（本多電子、HS-101V）を用いて実施した。初回発情後は発情日を0日として、0、2、18、21および23日に観察を行い、発情日、排卵日を特定した。卵胞および黄体の長径は、超音波診断装置のモニター上で最大長径像が得られた時に画像を固定して測定した。

7. 子牛市場価格

2013年から2015年にホクレン南北北海道家畜市場に出場した子牛の市場出荷時の体重、DG（市場到着時の体重/日齢）、

市場価格、市場平均価格、平均価格との差額を調査した。本章では、A 区の去勢牛 4 頭、C 区の去勢牛 2 頭、D 区の去勢牛 2 頭、B 区の雌牛 3 頭、C 区の雌牛 1 頭、D 区の雌牛 1 頭の成績を用いた。

8. 枝肉成績

2013 年から 2014 年に北海道畜産公社早来工場に出荷した 6 頭を用いた。出荷時の体重は輸送直前に測定した。C 区の去勢牛 2 頭および雌 2 頭、D 区の去勢牛 2 頭および雌 1 頭のデータを用いた。枝肉成績は、日本食肉格付協会の枝肉格付明細書を用いた。調査項目には、枝肉重量、肉質、胸最長筋面積、ばらの厚さ、皮下脂肪の厚さ、歩留り基準値、BMS No を用いた。

9. 精巣の大きさ測定

子牛の精巣の大きさは、去勢した 28 頭を用いた。体重は 154.2～174.0 kg、去勢時の月齢は 4.5～5.4 ヶ月齢であった。去勢直後に、精巣の重さ、長径、短径および厚みを測定した。

10. 統計処理

雄雌別に 0 日 齡、14 日 齡、24 日 齡、42 日 齡、56 日 齡、70 日 齡、84 日 齡、98 日 齡の測定値を、処理区（A から D）を母数効果として一元配置の分散分析を行い、多重比較は Turkey-Kramer を用いた。

第 3 節 結果

哺乳方法の違いが黒毛和種子牛の体高および体重に及ぼす影響について表 I - 1 に示した。子牛の生時体重は各区間に有意な差はみられなかった

哺乳区別の離乳時の体重の比較を図 I - 3、図 I - 4 および図 I - 5 に示した。各区の 14 週齢の体重の平均値は A 区と C 区および D 区の間 ($p < 0.05$)、A 区と B 区の間 ($p < 0.01$) にそれぞれ有意差が認められた。

哺乳区別の体高の比較を図 I - 6、図 I - 7、および図 I - 8 に示した。離乳時の体高は A 区と D 区の間に有意差 ($p < 0.05$) が認められた。

哺乳区別の日増体重の比較を表 I - 1 に示した。日増体重は A 区と C 区、D 区の間 ($p < 0.05$)、A 区と B 区の間 ($p < 0.01$) にそれぞれ有意差が認められた。

哺乳区別、雌雄別の 2 週毎の体重から生時体重の差を表 I - 1 に示した。離乳時の体重と生時体重の差は A 区と C 区および D 区の間 ($p < 0.05$)、A 区と B 区の間 ($p < 0.01$) にそれぞれ有意差が認められた。

代用乳の成分の違いが胸囲と腹囲の差に及ぼす影響について図 I - 9 に示した。各区間にあまり差は見られなかった。

離乳時のスターターおよび濃厚飼料の平均採食量を図 I - 10 および図 I - 11 に示した。A 区、B 区、C 区の順に採食量が多かった。

初回排卵および発情発現時期については表 I - 2 に示した。初回発情の日数は D 区、B 区、A 区、C 区の順に早かった。

全国和牛登録協会による登録審査時の体格得点を表 I - 3 に示した。A 区が 82.7 点、B 区が 81.3 点、C 区が 82.7 点、D 区が 80.6 点で A 区と C 区が同点数で、B 区、D 区の順に高かった。全国平均の 80.96 点より、A 区、B 区、C 区の得点が高かった。

子牛市場価格の比較は表 I - 4 に示した。市場出荷時の DG は、A 区の雄 1.2 kg、C 区の雄が 1.2 kg、D 区の雄が 1.3 kg、B 区の雌が 1.0 kg で、C 区の雌が 1.1 kg、D 区の雌が 1.0 kg であった。それぞれの区の市場平均価格との差額は A 区の雄 124,149 円、C 区の雄が 53,397 円、D 区の雄が 67,017 円、B 区の雌が 41,437 円で、C 区の雌が 70,535 円、D 区の雌が -23,776 円であった。D 区の雌 1 頭を除く全ての子牛が市場平均の価格を上回る成績が得られた。

肥育枝肉成績を表 I - 5 に示した。枝肉の重量は、C 区の去勢が 526.0 kg、雌が 462.0 kg で D 区の去勢が 493.5 kg、雌が

448.0 kg で、どの区においても大きな差はみられなかった。

枝肉成績は C 区の去勢が A-5、雌が A-4 と 5 で D 区の去勢が A-5、雌が A-4 で、どの区においても大きな差はみられなかった。

精巣の大きさについて表 I - 6 に示した。精巣の大きさは各区間に有意差は見られなかった。

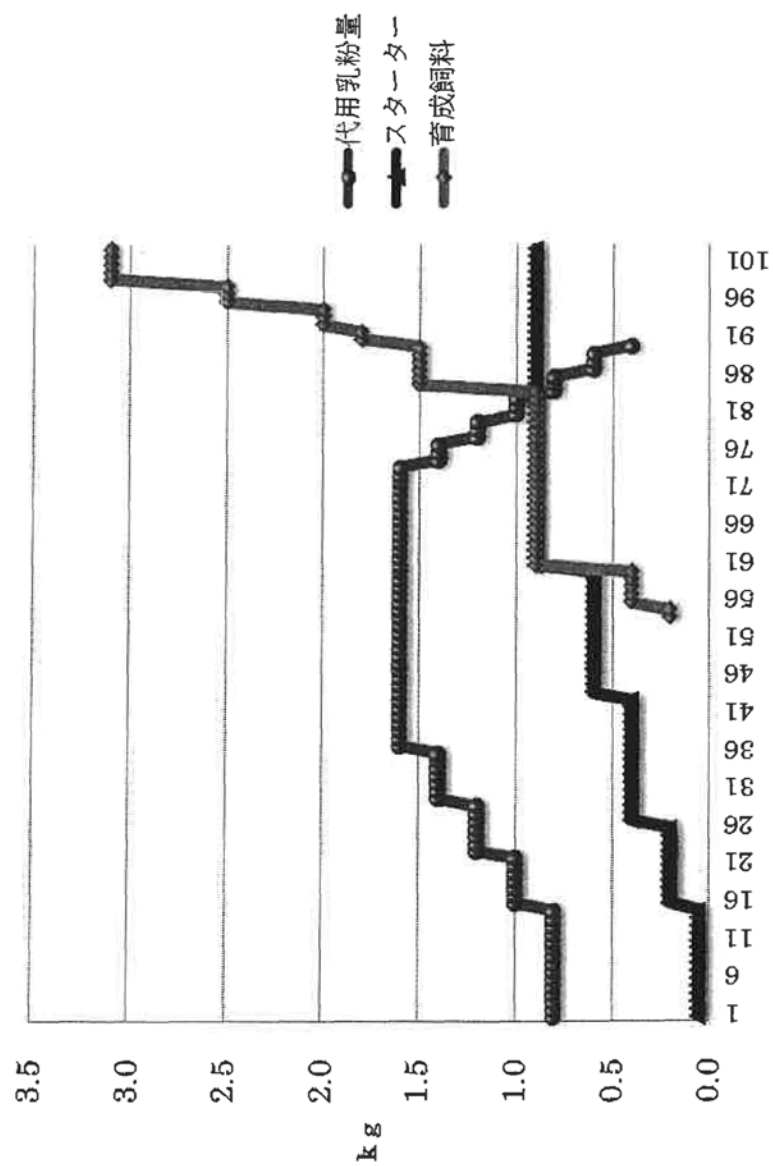


図 I - 1. A 区における代用乳の給与プログラム

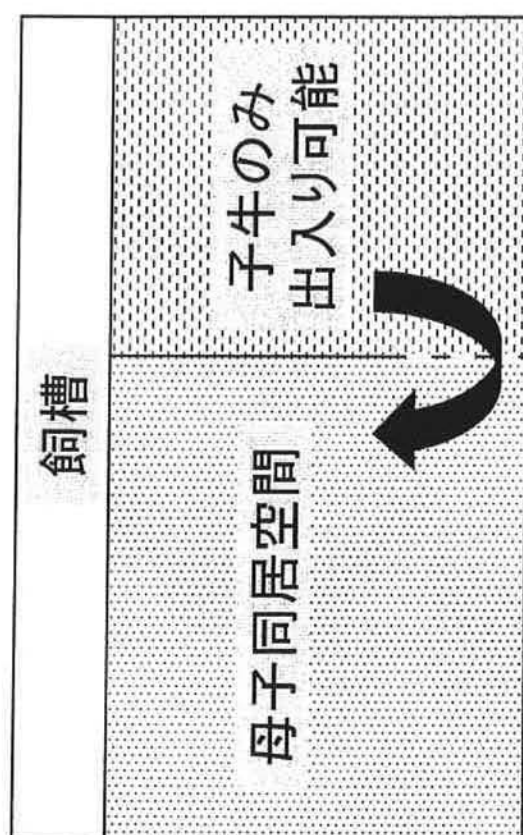


図 I - 2. 制限哺乳法における牛房の配置図 (阿部ら、2010)

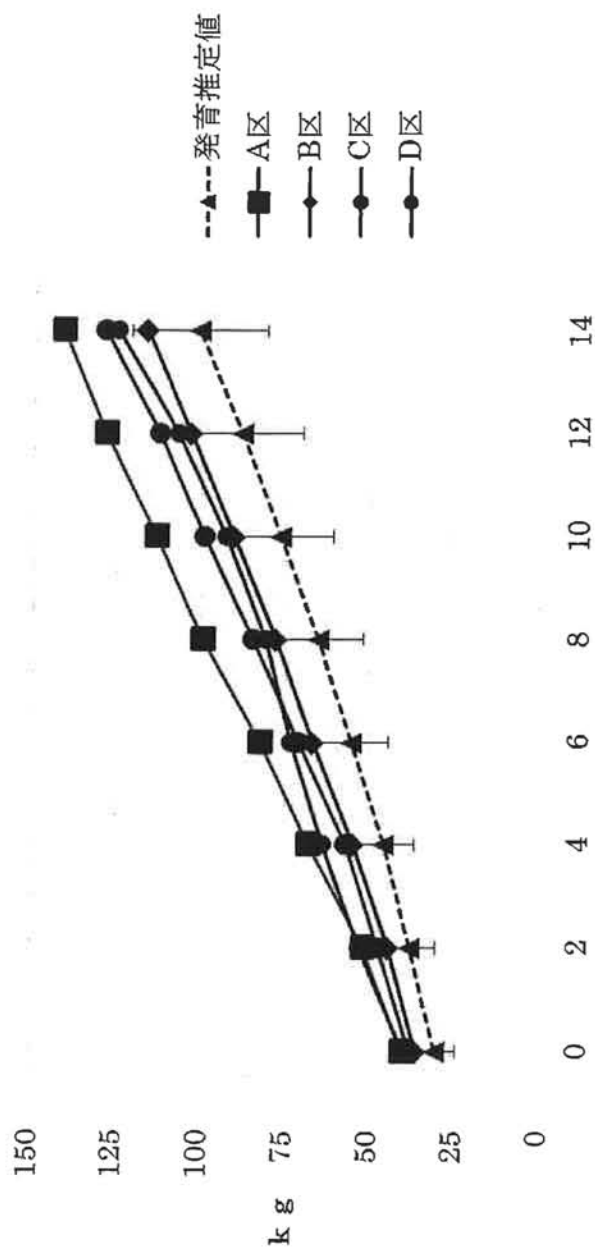


図 I - 3. 代用乳の成分の違いが黒毛和種子牛の体重に及ぼす影響

A 区 : 粗蛋白質 28、0%、粗脂肪 18、0%の代用乳を給与

B 区 : 粗蛋白質 26、0%、粗脂肪 26、0%の代用乳を給与

C 区 : 粗蛋白質 27、0%、粗脂肪 19、0%の代用乳を給与

D 区 : 制限哺乳法

发育推定値は、全国和牛登録協会の发育標準値より作成

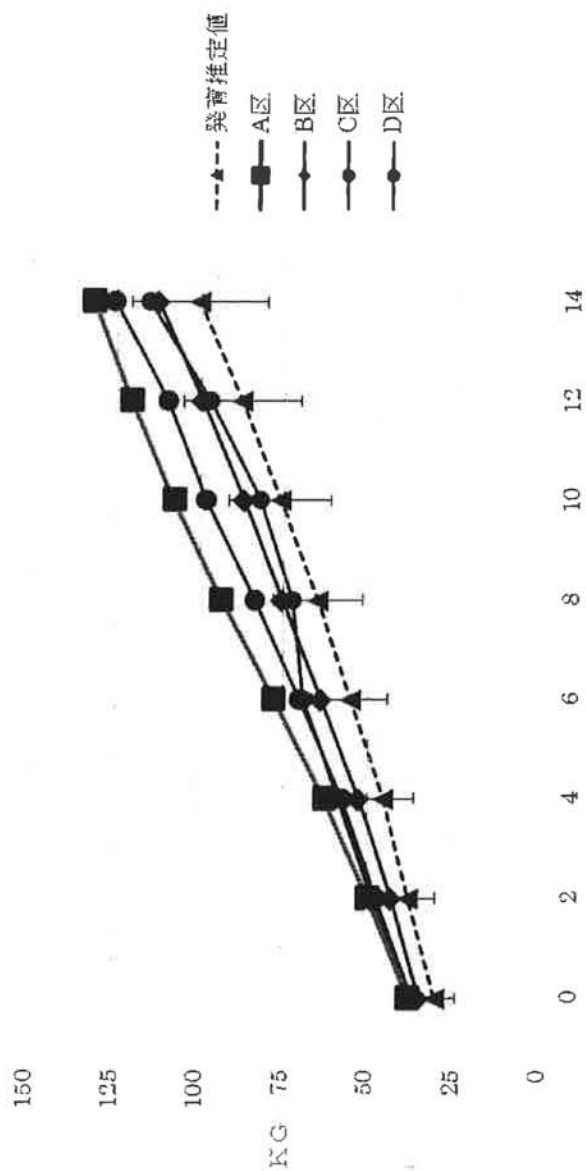


図 I - 4. 代用乳の成分の違いが黒毛和種雌子牛の体重に及ぼす影響

A 区: 粗蛋白質 28、0%、粗脂肪 18、0%の代用乳を給与

B 区: 粗蛋白質 26、0%、粗脂肪 26、0%の代用乳を給与

C 区: 粗蛋白質 27、0%、粗脂肪 19、0%の代用乳を給与

D 区: 制限哺乳法

發育標準推定値は、全国和牛登録協会の發育標準値より作成

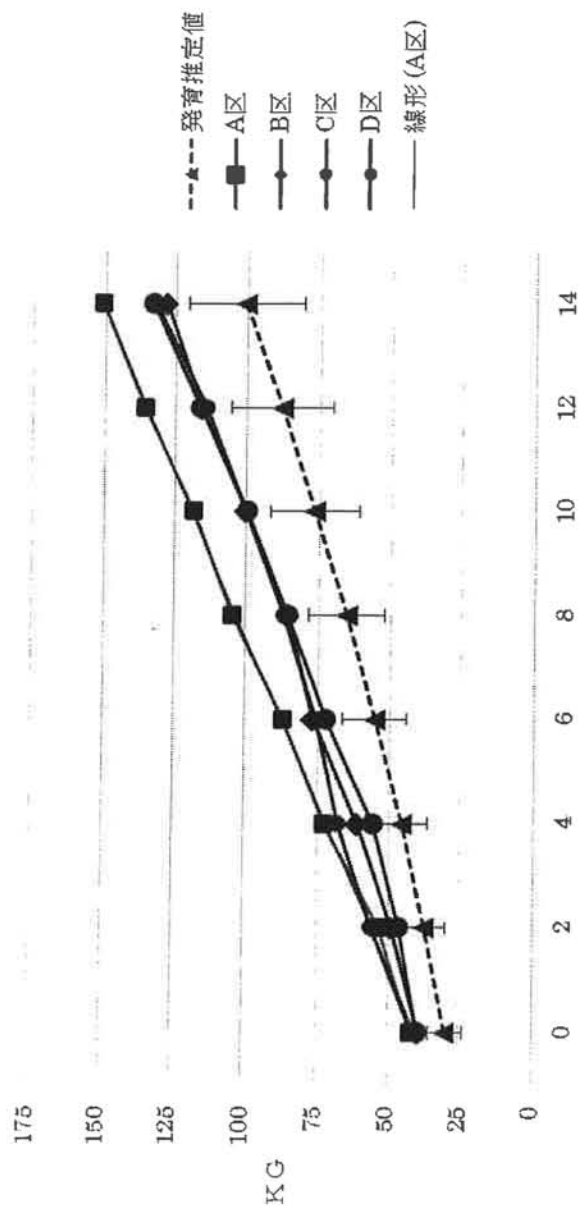


図 I-5 代用乳の成分の違いが黒毛和種雄子牛の体重に及ぼす影響

A 区：粗蛋白質 28、0%、粗脂肪 18、0%の代用乳を給与
 B 区：粗蛋白質 26、0%、粗脂肪 26、0%の代用乳を給与
 C 区：粗蛋白質 27、0%、粗脂肪 19、0%の代用乳を給与
 D 区：制限哺乳法
 發育推定値は、全国和牛登録協会の發育標準値より作成。

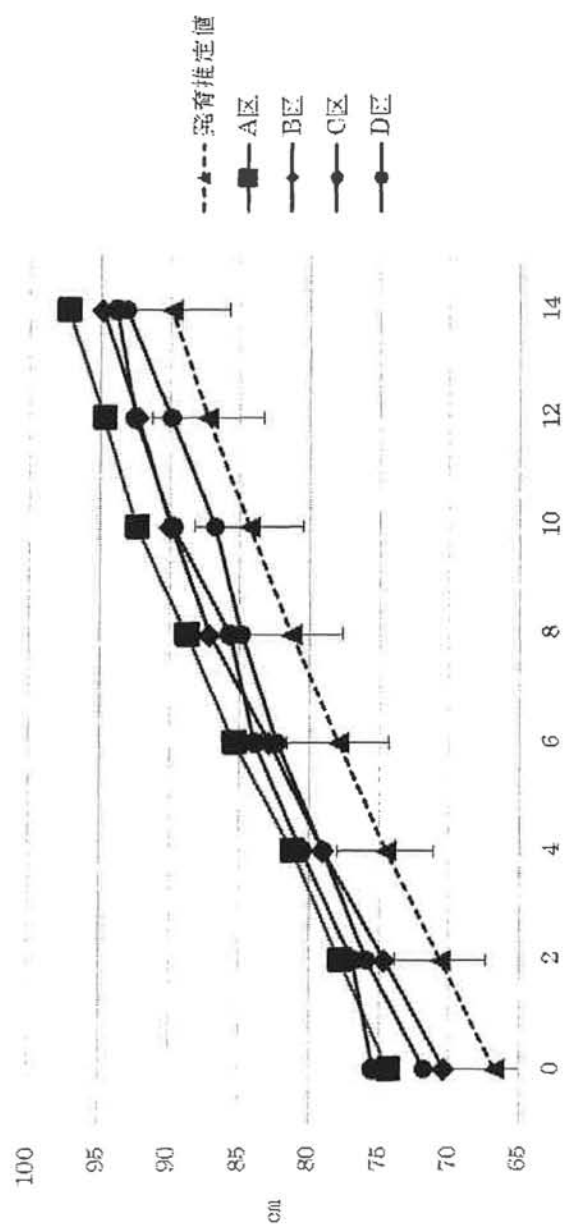


図 I - 6. 代用乳の成分の違いが黒毛和種子牛の体高に及ぼす影響 (全体)

A 区 : 粗蛋白質 28、0%、粗脂肪 18、0%の代用乳を給与

B 区 : 粗蛋白質 26、0%、粗脂肪 26、0%の代用乳を給与

C 区 : 粗蛋白質 27、0%、粗脂肪 19、0%の代用乳を給与

D 区 : 制限哺乳法

发育推定値は、全国和牛登録協会の发育標準値より作成

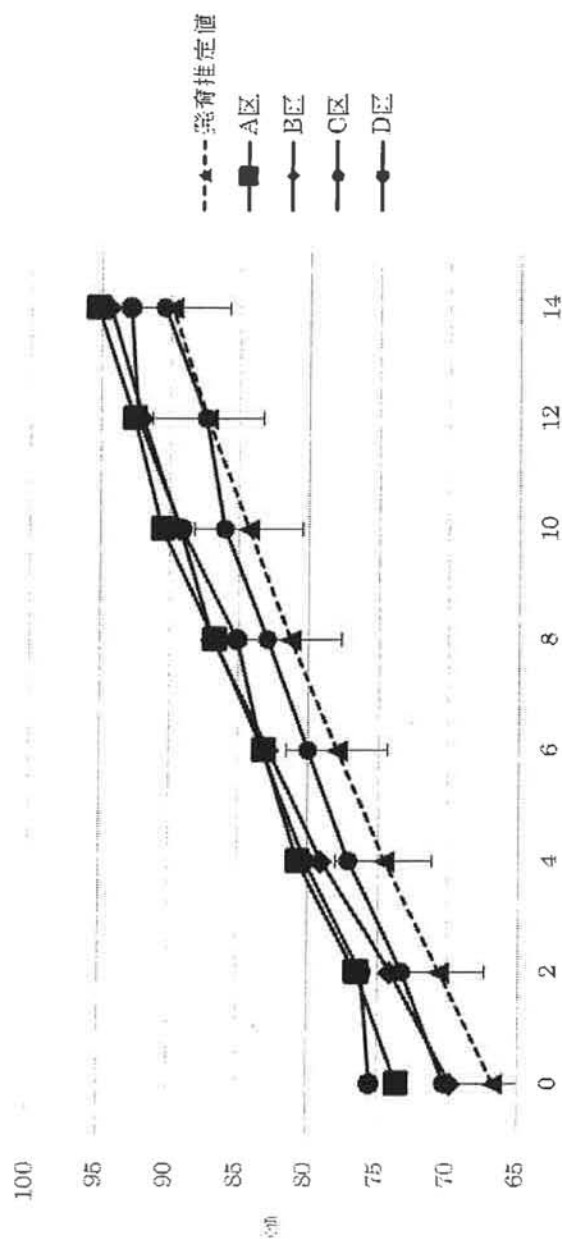


図 I-7. 代用乳の成分の違いが黒毛和種雌子牛の体高に及ぼす影響

A 区：粗蛋白質 28、0%、粗脂肪 18、0%の代用乳を給与
 B 区：粗蛋白質 26、0%、粗脂肪 26、0%の代用乳を給与
 C 区：粗蛋白質 27、0%、粗脂肪 19、0%の代用乳を給与
 D 区：制限哺乳法
 发育推定値は、全国和牛登録協会の发育標準値より作成

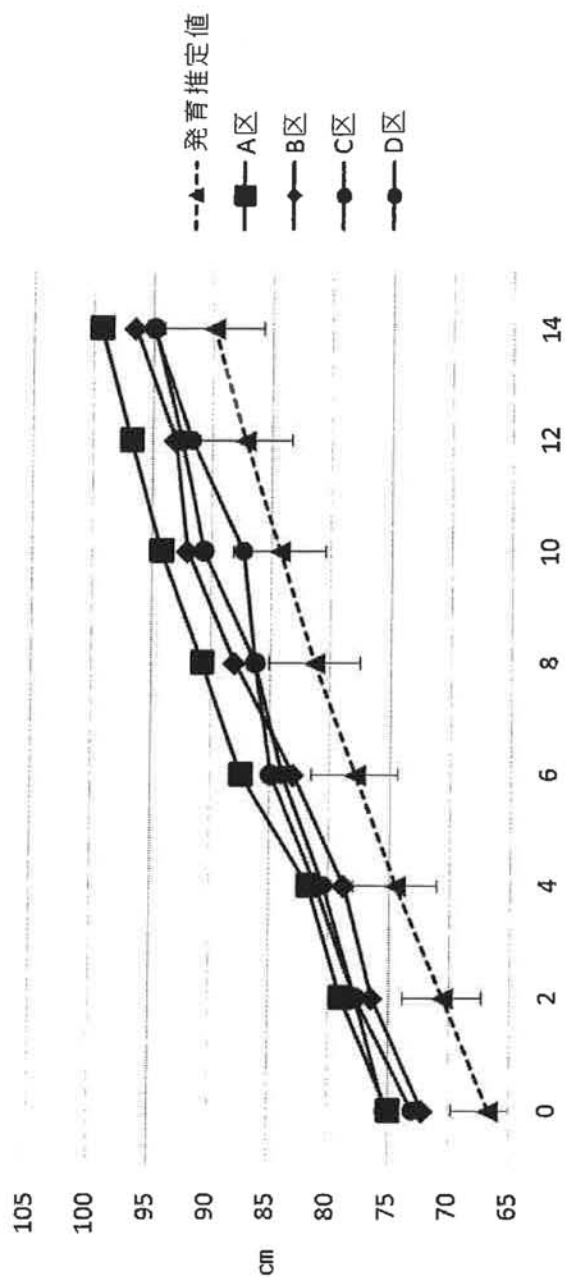


図 I - 8. 代用乳の成分の違いが黒毛和種雄子牛の体高に及ぼす影響

- A 区 : 粗蛋白質 28、0%、粗脂肪 18、0%の代用乳を給与
 B 区 : 粗蛋白質 26、0%、粗脂肪 26、0%の代用乳を給与
 C 区 : 粗蛋白質 27、0%、粗脂肪 19、0%の代用乳を給与
 D 区 : 制限哺乳法

发育推定値は、全国和牛登録協会の发育標準値より作成

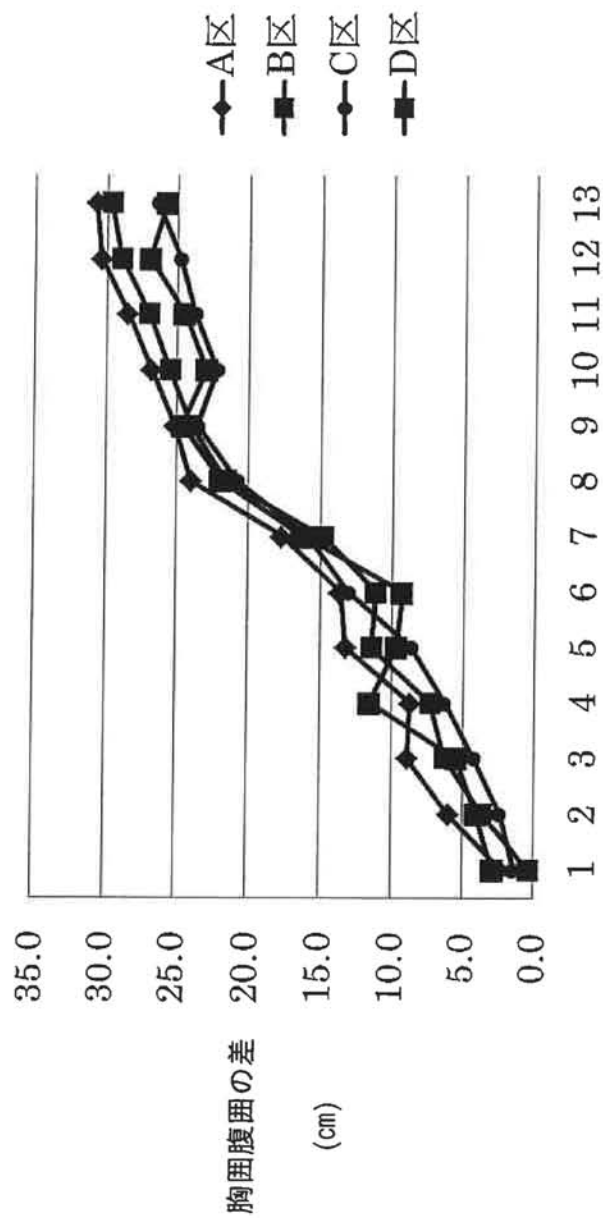


図 I - 9. 代用乳の成分の違いが黒毛和種子牛の胸囲と腹囲の差に及ぼす影響

- A 区 : 粗蛋白質 28、0%、粗脂肪 18、0%の代用乳を給与
 B 区 : 粗蛋白質 26、0%、粗脂肪 26、0%の代用乳を給与
 C 区 : 粗蛋白質 27、0%、粗脂肪 19、0%の代用乳を給与
 D 区 : 制限哺乳法

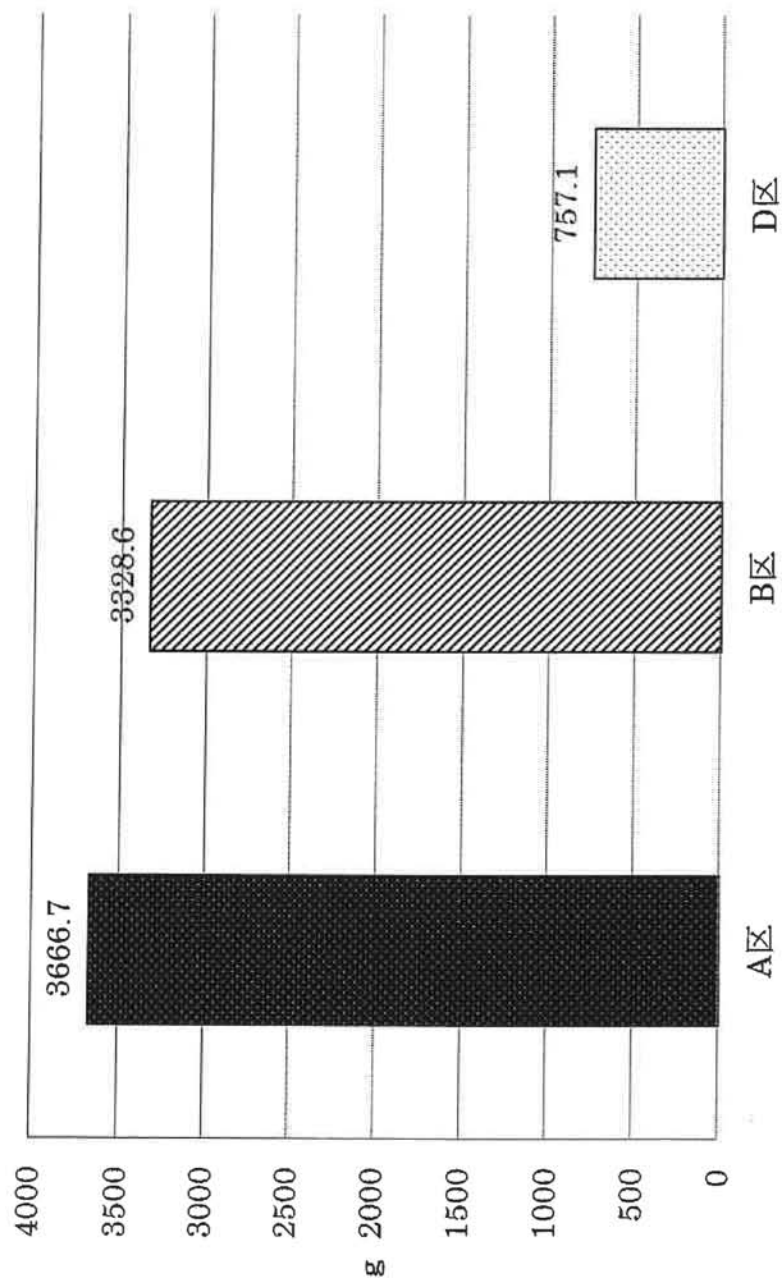


図 I-10. 代用乳の成分の違いが黒毛和種子牛の離乳時のスターターおよび育成飼料採食量に及ぼす影響

A 区：粗蛋白質 28、0%、粗脂肪 18、0%の代用乳を給与
 B 区：粗蛋白質 26、0%、粗脂肪 26、0%の代用乳を給与
 C 区：粗蛋白質 27、0%、粗脂肪 19、0%の代用乳を給与
 D 区：制限哺乳法

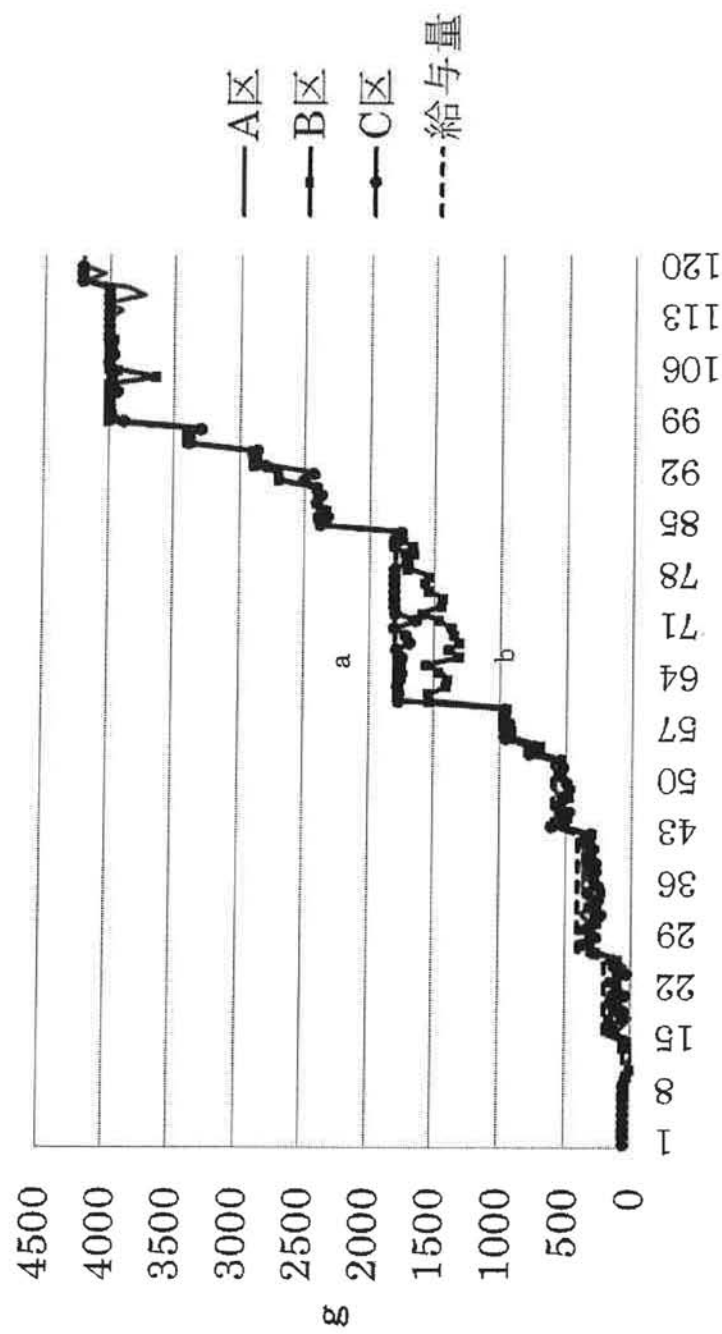


図 I-11. 代用乳の成分の違いが黒毛和種子牛のスターターおよび育成飼料採食量に及ぼす影響

a-b : 64 日齢から 78 日齢の間の A 区と B 区の間には有意差あり ($p < 0.05$)

表 I -1. 代用乳の成分の違いが黒毛和種子牛の離乳までの發育に及ぼす影響

項 目	A 区 (n=18)	B 区 (n=14)	C 区 (n=12)	D 区 (n=7)
生時体重 (kg)	35.5±6.8 ¹⁾	32.3±3.3	34.3±10.9	34.5±4.7
生時体高 (cm)	73.7±4.1	72.2±3.8	75.2±3.8	71.8±3.4
体高 (cm)	93.9±4.0 ^a	92.3±3.5	92.8±3.5	89.9±3.4 ^b
体重 (kg)	125.8±19.8 ^{ac}	106.8±10.6 ^d	110.9±17.1 ^b	106.8±27.4 ^b
DG (kg/日)	1.4±0.2 ^{ac}	1.2±0.1 ^d	1.2±0.2 ^b	1.1±0.3 ^b
離乳時の体重-生時体重 (kg)	90.3±15.1 ^{ac}	74.5±9.3 ^d	75.9±13.8 ^b	72.3±24.7 ^b
離乳時の体高-生時体高 (cm)	20.2±3.2 ^a	20.0±4.2 ^c	17.6±3.1 ^d	18.1±1.7 ^{bd}
發育推定値 (σ)	2.9	1.9	2.0	1.1

¹⁾ 平均±標準偏差

^{a-b}: p<0.01, ^{c-d}: p<0.05

表 I -2. 代用乳の成分の違いが黒毛和種雌子牛の初回発情日および初回排卵日に及ぼす影響

区分	初回排卵			初回発情		
	日数(日)	体重(kg)	体高(cm)	日数(日)	体重(kg)	体高(cm)
A 区 (n=4)	286.8±29.3 ¹⁾	310.7±45.5	114.5±2.3	273.3±41.3	319.0±57.6	115.7±4.6
B 区 (n=6)	270.2±32.5	268.3±20.0	113.6±3.1	268.5±32.4	273.4±17.5	113.6±3.1
C 区 (n=4)	266.0±17.0	286.3±1.5	113.2±1.5	283.5±13.2	301.3±21.9	114.3±1.7
D 区 (n=2)	256.0	268.0	111.5	254.0	268.0	111.5

¹⁾ 平均±標準偏差

表 I -3. 代用乳の成分の違いが黒毛和種雌牛の体型審査得点に及ぼす影響

哺乳区	個体 No	登録点数	平均点数
A 区	黒 60	82.5	
A 区	黒 64	81.4	82.7
A 区	黒 76	84.3	
B 区	黒 67	80.8	
B 区	黒 69	81.7	81.2
C 区	黒 49	83.5	
C 区	黒 59	84.1	83.8
D 区	黒 53	80.6	80.6

表 I -4. 代用乳の成分の違いが黒毛和種子牛の市場価格に及ぼす影響

	出荷日齢(日)	出荷時体重(kg)	DG(kg)	哺乳区の平均 (円)	市場平均 (円)	平均との差額 (円)
A 区 ♂ (n=4)	275	340	1.2	702, 570	578, 421	124, 149
C 区 ♂ (n=2)	265	311	1.2	623, 770	570, 373	53, 397
D 区 ♂ (n=2)	266	355	1.3	611, 400	544, 384	67, 017
B 区 ♀ (n=3)	277	288	1.0	581, 680	540, 243	41, 437
C 区 ♀ (n=1)	269	294	1.1	687, 960	617, 425	70, 535
D 区 ♀ (n=1)	264	277	1.0	443, 100	466, 876	-23, 776

表 I -5. 代用乳の成分の違いが黒毛和種肥育牛の枝肉成績に及ぼす影響

哺乳区	C 区				D 区			
	黒 48	黒 51	黒 57	黒 55	黒 47	黒 56		
個体 No								
性別	去勢	♀	♀	♀	去勢	去勢		
月齢	28.1	28.9	27.8	24.8	28.8	27.1		
出荷体重 (kg)	795	862	694	780	736	868		
歩留	A	A	A	A	A	A		
肉質	5	5	4	4	5	5		
枝肉重量 (kg)	526	433	491	448	449	538		
胸最長筋面積 (cm ²)	64	65	66	50	64	59		
ばらの厚さ (cm)	9.1	8.1	10	7.7	8.2	9.4		
皮下脂肪の厚さ (cm)	4.2	3	4.6	4	2.3	3.2		
歩留り基準値	73.5	75.2	74.4	72	75.6	73.8		
BMSNo.	10	10	7	5	11	10		

表 I -6. 代用乳の成分の違いが黒毛和種雄子牛の去勢時の精巢の大きさに及ぼす影響

	月齢	体重 (kg)	右精巢				左精巢			
			重さ (g)	縦 (cm)	横 (cm)	幅 (cm)	重さ (g)	縦 (cm)	横 (cm)	幅 (cm)
A 区 (n=7)	4.5	167.5	40.0	6.3	2.3	2.0	41.4	6.0	2.5	2.1
B 区 (n=3)	5.4	162.0	39.6	7.8	3.3	2.5	39.0	8.0	3.2	2.3
C 区 (n=2)	4.5	174.0	52.0	6.0	3.0	2.6	51.3	5.2	3.0	2.9
D 区 (n=16)	4.7	154.2	36.3	5.7	2.8	2.3	35.6	6.0	2.9	2.5

第4節 考察

近年、黒毛和種の繁殖経営において、生後7日齢前後で母子を分離して、人工哺乳する「早期母子分離方式」の導入が増え、母子管理上の有効性が報告されている[1、2、28]。この「早期母子分離方式」は、母牛の管理において分娩後早期に母牛のみの群飼が可能であることから、施設の利用効率と作業効率が向上すること、卵巢機能の早期回復による分娩間隔の短縮などの有効性が挙げられる[1、2]。また、子牛の管理では、個別管理で栄養供給を一定水準に保つことができ、発育のばらつきの減少、健康観察が容易であるなどの利点が挙げられる[13、26]。本研究では、この早期離乳における代用乳の給与量が黒毛和種子牛の発育等に及ぼす影響を調査した。

ホルスタイン種子牛を用いた研究から、特に、高タンパク質の代用乳を給与すると、子牛の増体や飼料効率が改善されるだけでなく、体脂肪を減らし、体タンパク質を増やす効果が認められている[18、19]。また、高タンパク質で低脂肪の代用乳の給与は、子牛の増体やアミノ酸組成の改善に優れているという報告がみられる[43、45、46、55]。本研究においても、高タンパク質で低脂肪の代用乳を給与したA区および

C 区が 6 週齢から 8 週齢にかけてその他の区との発育の差が大きかった。これは、人工哺乳を行った A 区、B 区および C 区は 4 週齢から哺乳量を 80 に増量しことと、さらに A 区および C 区は他の区に比べタンパク質の摂取量が多かったため発育が良かったと考えられる。一方、B 区は他の 2 区の代用乳に比べタンパク質含量が低いこと、D 区は自然哺乳であったことから哺乳量が人工哺乳区より少なかったこと、スターターの採食量が少なかったことが A 区および C 区より発育が劣った理由として考えられる。

近年、代用乳の哺乳量を増やすことによって濃厚飼料の採食量が増加することが報告がされている。松雪ら[21]は、90 日齢で離乳する哺育試験において 56 日齢時の人工乳の採食量は、代用乳 4.50 および 5.50 給与区に比べ 8.50 給与区のほうが多くなる傾向がみられたと報告している。また、Khan ら[27]はホルスタイン種子牛において、1 日に体重の 20% の代用乳を与えると体重や採食量が増えたと報告している。本研究ではピーク哺乳量時(4 週齢)は体重の 20% の給与量あり、Khan らの報告と類似した結果である考えられた。

坂瀬ら[43]は、代用乳の給与方法の違いが発育に及ぼす影響について、3 区(1 週区:8 週齢から 9 週齢まで漸減給与, 2

週区:8週齢から10週齢まで漸減給与, 4週区:8週齢から12週齢まで漸減給与)に分けて, 8週齢から14週齢まで試験を実施したところ、8週齢から12週齢までの4週間の漸減給与区が他の1週区、2週区に比べ粗飼料の摂取量が多く、増体が高く推移したと報告している。本研究でも体重、体高、DGおよび濃厚飼料の摂食量が自然哺乳区に比べ人工哺乳区が高い値で推移した。これは、代用乳を8週齢から12週齢までの4週間に漸減給与することによって離乳のストレスが緩和されるとともに、離乳までに代用乳を徐々に減らした分スターター、育成飼料の採食量が増えた結果と考えられる。また、A区の採食量がB区に比べ多かったのは、A区の方が粗タンパク質の多い代用乳を給与したことから体重、体高が大きく、乾物摂取量が増えたことが要因の一つであると考えられる。

生後1~2週齢の子牛は小腸の脂肪分解酵素の活性がやや劣るため、脂肪の多い代用乳や、母乳を多給すると脂肪消化率が低下すると報告[22、36、37、41]されている。しかし、本研究では重度の下痢である白痢を発症する牛は見られず、発育の停滞も見られなかったことから、本研究で給与した80の代用乳に含まれる粗脂肪は消化、吸収に問題のない量であったと考えられる。

子牛では代用乳を飲んだ後、第四胃内でカード形成後消化されるまでの時間は6時間であると報告されている[46]。本研究においては哺乳回数が1日2回で1回4ℓ給与を行ったことにより、6時間以上間が空き、次の哺乳の時間までに空腹感が生じスターターの採食が増えたと考えられる。

北村ら[15]は、黒毛和種去勢子牛の第一胃の発達状態を判断する指標である胸囲腹囲差が肥育後の枝肉成績と子牛市場価格に及ぼす影響を調査した結果、胸囲腹囲差が大きくなるに従い枝肉重量が重くなる傾向があり、体重/体高比が小さく、胸囲腹囲差の大きい子牛が優れた脂肪交雑を示すと報告している。さらに、皮下脂肪厚は、体重と正の相関、体高、胸囲腹囲差との間には負の相関があったとも報告している。また、皮下脂肪厚は胸囲腹囲差が大きくなるにつれ薄くなり、子牛市場価格が高い傾向であった。このように腹囲の大きい子牛は第一胃の発達が進んでいることを示しており、肥育時の良好な飼料摂取が期待できる牛であるといえる。本研究においても市場出荷した牛の離乳時の胸囲と腹囲の差は20 cm以上あり市場の評価も高かった。このことから、本研究の子牛が代用乳8ℓ摂取し乾草、スターター、濃厚飼料の採食量が増え、結果的に良好な第一胃の発達が達成されたと考えられる。ま

た、人工哺乳した子牛の子牛市場価格も平均より上回っていることから、本研究の哺乳方法は費用対効果が高いと考えられる。

生後3および4か月齢の黒毛和種子牛の体重、精巣重量は、Curtis と Amann[5]のホルスタイン種雄牛の値に比べ、本研究の子牛のはいずれも高い値を示した。濱野ら[8]および塚田ら[56]は体重、精巣重量、精巣の長径および短径は月齢が進むにつれて増加したと報告している。本研究の子牛も月齢が進むにしたがって精巣も大きくなったことから、80哺乳を行った子牛の精巣の発育は正常で平均的であったと考えられる。これらのことから、本研究の哺乳量、成分は精巣の発達に悪影響がないと考えられる。

雌子牛の初回発情日齢について、米内ら[57]は高栄養条件で育成した場合は早く、低栄養条件で育成した場合は遅延すると報告している。本研究の初回排卵および初回発情の発現日は、すべての区において平均300日以内で、遅延する牛は見られなかった。また、初回排卵および初回発情時の体高、体重も春機発動および性成熟に達する十分であり、正常に生殖機能が発達したと考えられる。また、どの区も従来知られている初回発情12か月齢よりも早くに初回発情が発現して

いる [49]。このことは、本研究では哺乳量を増量したことにより栄養状態が良く、春機発動および性成熟が早まったと考えられる。

田村ら [52] は哺育、育成の飼養管理が良好な場合、市場出荷価格が高く雌牛の体型得点も高いと報告している。本研究では、各区間に有意差はみられなかったが、自然哺乳区に比べ人工哺乳区の雌牛の登録審査時の体型得点が高かった。人工哺乳を行った A 区、B 区、C 区は全国平均である 80.95 点を上回った。このことから、本研究の人工哺乳法は、発育が良好で体型審査で高得点の得られる好体型の繁殖牛の育成に効果的であると推察された。また、枝肉成績は哺乳量を増量した個体の枝肉重量、肉質、胸最長筋面積、ばらの厚さ、皮下脂肪の厚さ、歩留り基準値、BMS No. は農林水産省がまとめた平成 26 年度枝肉成績 [30] と比較してどの項目も高い値であり、上物率が 100% であったことから、本研究で用いた哺乳方法の有効性が示唆された。

以上のことから、一日あたり 8ℓ の代用乳を給与する人工哺乳法は自然哺乳に比べ、子牛の初期発育が良いこと示された。また、離乳後の子牛市場価格、肥育成績、雌子牛の春機発動や性成熟発現時期も早く、高蛋白・低脂肪含量の代用乳をピ

一ク時一日あたり 8 l 給与する哺乳法の有効性が示された。

第 5 節 要約

本研究では、黒毛和種子牛における哺乳量および代用乳の栄養成分が子牛の発育に及ぼす影響について検討した。供試牛には、本学園元野幌農場で 2012～2015 年度に生まれた子牛 51 頭を用いた。母子は分娩後 7 日目まで同居させ自然哺乳を行い、子牛をカーフハッチに移し、栄養成分の異なる 3 種類の代用乳を用いて哺乳を行い、代用乳は高蛋白・低脂肪の代用乳を用いた A 区（粗蛋白質 28%、粗脂肪 18%）、高蛋白・高脂肪の代用乳を用いた B 区（粗蛋白質 26%、粗脂肪 26%）、一般的な蛋白質および脂肪含量の代用乳を用いた C 区（粗蛋白質 27%、粗脂肪 19%）および制限哺乳法の D 区に区分した。供試牛は A 区 18 頭、B 区 14 頭、C 区 12 頭、D 区 7 頭であった。A 区、C 区は代用乳を一日最大 8ℓ 与え、B 区は最大 6～8ℓ 与えた。離乳は全て 90 日齢で行い、濃厚飼料の採食量（残飼量の測定）も記録した。A 区は離乳時の体重、体高に有意差があり、濃厚飼料の採食量が多い傾向であった。初回発情日齢、肥育出荷月齢、体重および枝肉成績はどの区においても差は見られなかった。以上の結果より、粗蛋白質含量が高く、脂肪含量の低い代用乳が一般的な成分含量の代用乳より、子牛の発育が良い可能性が示された。

第Ⅱ章

スターターとしてのアルファルファ発酵飼料の 給与が黒毛和種子牛の発育に及ぼす影響

第1節 諸言

今日、黒毛和種子牛に生後3～4か月齢までスターター給与が一般的に行なわれている。近年、わが国で市販されているスターターの形状はマッシュ状、ペレット状、ペレットアンドフレーク状の大きく三種類に分類される。スターターは速やかに分解される栄養物質を多く含んでいるため、粗飼料を給与した場合よりも揮発性脂肪酸（Volatile Fatty Acid：以下 VFA）の産生量が多い[9]。VFAには酢酸、プロピオン酸、酪酸などが含まれ、中でも酪酸は栄養素吸収を担う第一胃の絨毛の発達を促進することから、スターター給与は反芻胃の絨毛の発達に重要である [26]。

スターターは圧片トウモロコシ、大豆かす、小麦などが配合されている。近年、これらの飼料原料価格は、穀物の国際価格の上昇により高騰し、畜産経営における飼料費の負担は年々増している[30]。

このような中、わが国の飼料自給率の向上に向けて、とう

もろこし等の高収量作物や稲発酵粗飼料等の飼料作物の生産拡大、放牧の利用促進、国産稲わらの利用推進が求められている。さらに、食品残さの飼料化[13]のほか、飼料用米の活用の推進により、生産コスト低減を進めることが重要である[13]。

近年、飼料費コストを低減するために、肥育牛の穀物飼料の代替となるタンパク源の検討がなされている[13]。しかし、子牛のスターターの代替飼料の報告[31]は少なく、輸入穀物飼料が主体になっている。そのため、子牛のスターターでも穀物飼料の代替となるタンパク源の検討を行う必要がある。穀物を主体とするスターターの代替となる飼料の条件として、タンパク質が豊富で嗜好性が高く、発育がスターターと同等以上で普及しやすい物でなければならない。

近年、ニュージーランドでは子牛のスターターの代替飼料としてアルファルファの発酵飼料が利用されている。アルファルファは他の草種に比べタンパク質、ミネラル、ビタミン類の含量が高く乾物摂取量が多い[3、34、47、54]

本研究では子牛用の穀物主体のスターターの代替飼料として、アルファルファの発酵飼料を給与し、子牛の発育に与える影響について検討した。

第 2 節 材料および方法

1. 供試牛

本研究には、本学フィールド教育研究センター肉畜ステーション肉牛農場（肉牛農場）で 2012 年度から 2014 年度に生まれた子牛 51 頭を用いた。供試牛はスターター A 区 24 頭、スターター B 区 14 頭、アルファルファ（Af）区 12 頭であった。

2. 給与方法

分娩後 7 日間は初乳期間として母子を同居させ、子牛に十分な初乳を摂取させた。初乳期間終了時からカーフハッチに移し代用乳を用いて人工哺乳を 90 日間行った。代用乳は、一日最大 8ℓ (200g/ℓ) を与えた (図 II - 1)。Af の給与量は生後 8 ～ 15 日 50 g、16 ～ 26 日 200 g、27 ～ 43 日 400 g、44 ～ 60 日 600 g、61 ～ 75 日 800 g、76 ～ 90 日 1000 g である。Af 区の発育値は前年までに生まれた子牛にスターター A (CP18%、TDN74%、24 頭) または B (CP20%、TDN74%、14 頭) を給与した区および全国和牛登録協会の発育標準値と比較した。スターターの給与量は生後 8 ～ 15 日 50 g、16 ～ 26 日 200 g、27 ～

43 日 400 g、44～60 日 600 g、61～75 日 800 g、76～90 日 1000 g である。育成期に給与する濃厚飼料は全て生後 62 日に 200 g から開始し 5 日毎に 100 g 増量した。離乳は全て 90 日齢で行なった。

3、スターター採食量の測定方法

スターターおよび Af は、採食量が増加するまでは 1 日 1 回給与し、採食量が日量 500 g を超えたときから朝夕 2 回給与し、残飼量を毎日計測した。採食量は給与量から残飼量を引いた値とした。

4、子牛の体格測定

子牛出生時には体重のみを測定した。その後、肉牛農場が 2 週間毎に実施している牛群全体の体格測定時に本試験の供試牛も体重、体高、胸囲および腹囲を測定した。また、体重および体高は黒毛和種正常発育曲線(以下、全国平均値)と比較した[59、60]。日増体重(以下、DGD G)をは以下により算出($DG = \text{体重} \div \text{日齢}$)した。

また、全頭の体重、体高、DG を求め、試験区および雌雄別の平均値を算出すると、個体差が平均値に影響するため、以

下の方法で算出した。体高も同様に算出した。

体重の増加量 = 離乳時の体重 - 生時体重の差

5、統計処理

雄雌別に 0 日齢、14 日齢、24 日齢、42 日齢、56 日齢、70 日齢、84 日齢、98 日齢の個体ごとの測定値を、処理区（A から D）を母数効果として一元配置の分散分析を行い、多重比較は Tukry-Kramer を用いた。

第 3 節 結果

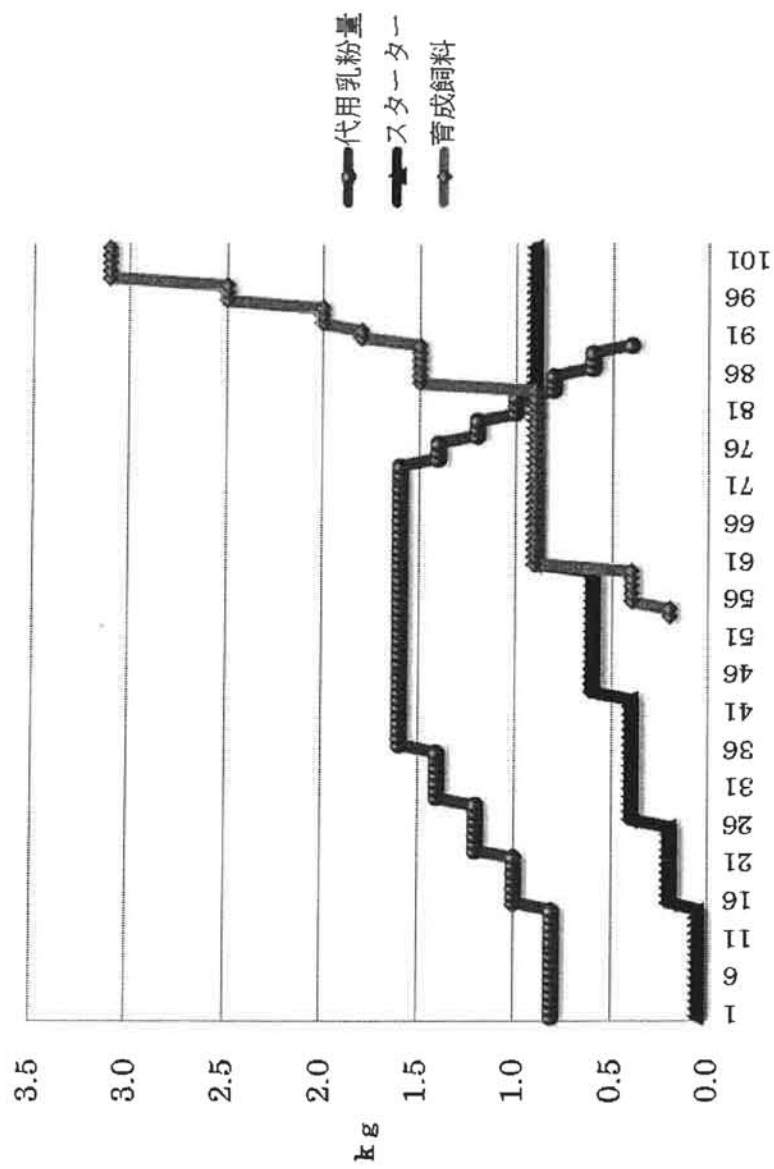
スターターの違いが黒毛和種子牛の増体に及ぼす影響について表Ⅱ－1 および表Ⅱ－2 に示した。

子牛の生時体重および生時体高に各区の間に有意差はみられなかった。哺乳区別の日増体重の比較を、表Ⅱ－1 および表Ⅱ－2 に示した。日増体重はスターターB区、スターターA区、Af区の順に大きかったが各区間に有意差はみられなかった。哺乳区別の体重の比較を図Ⅱ－2、3、4 および 8 に示した。子牛の 12 週齢の体重の平均値は、スターターA区、Af区、スターターB区の順に重かったが有意差はみられなかった。哺乳区別の体高の比較を図Ⅱ－5、6、7 および 9 に示した。離乳時の体高は、スターターA区、Af区、スターターB区の順に高かったが有意差はみられなかった。

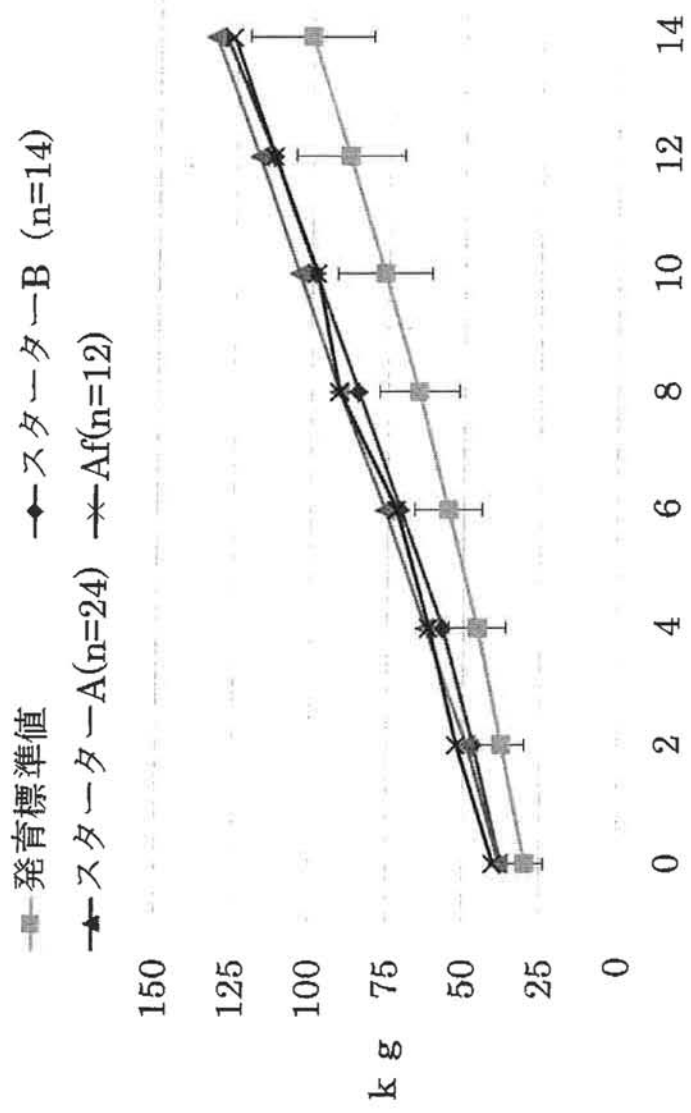
スターターの違いが濃厚飼料の採食量に及ぼす影響について図Ⅱ－10 に示した。生後 30 日齢までは、Af区、スターターA区、スターターB区の順に採食量が多く、その後はAf区、スターターA区の採食量がスターターB区に比べて多かった。
($p < 0.05$)

スターターの違いが胸囲と腹囲の差に及ぼす影響について図Ⅱ－11 に示した。生後 6～9 週齢では各区間に差はなかつ

たが、11 週齡以降で Af 区、スターターA 区、スターターB 区
の順に胸囲と腹囲差が大きい傾向であった。

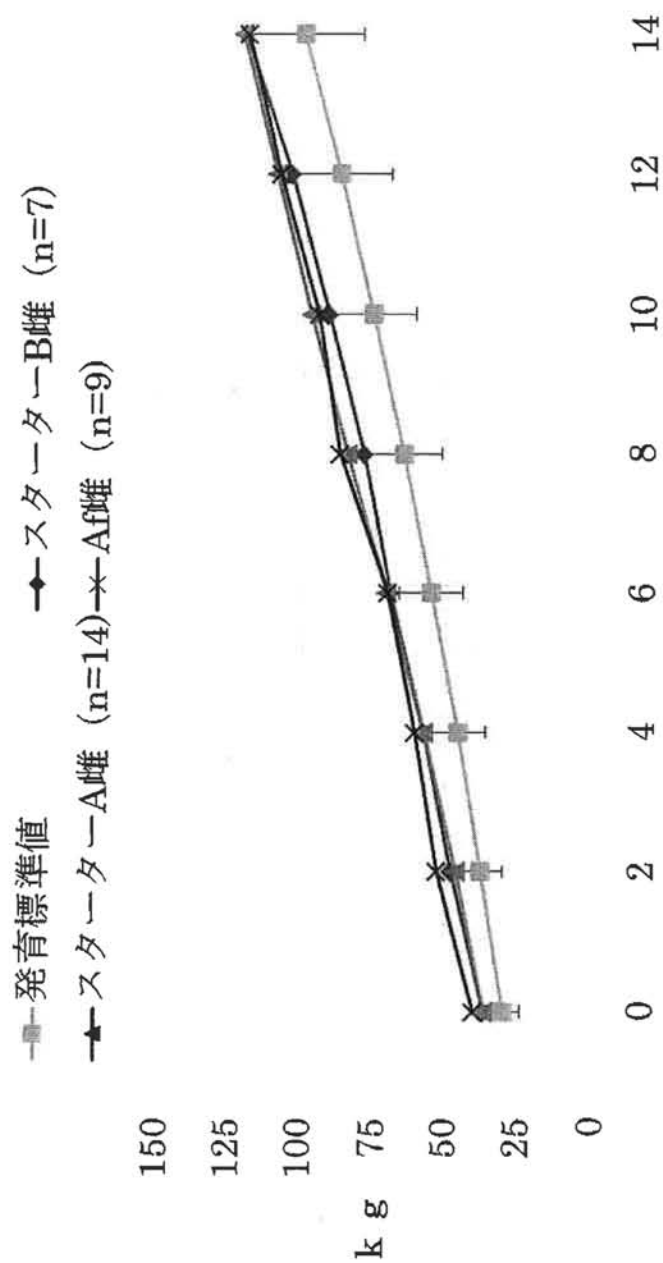


図Ⅱ-1. 代用乳、スターおよび育成飼料の給与プログラム



図Ⅱ-2. 人工乳の違いが黒毛和種子牛の体重に及ぼす影響

スターターA : 粗蛋白質 18%、TDN74%
 スターターB : 粗蛋白質 20%、TDN74%
 Af : 粗蛋白質 20%、TDN56%
 発育標準値は、全国和牛登録協会の発育標準値より作成



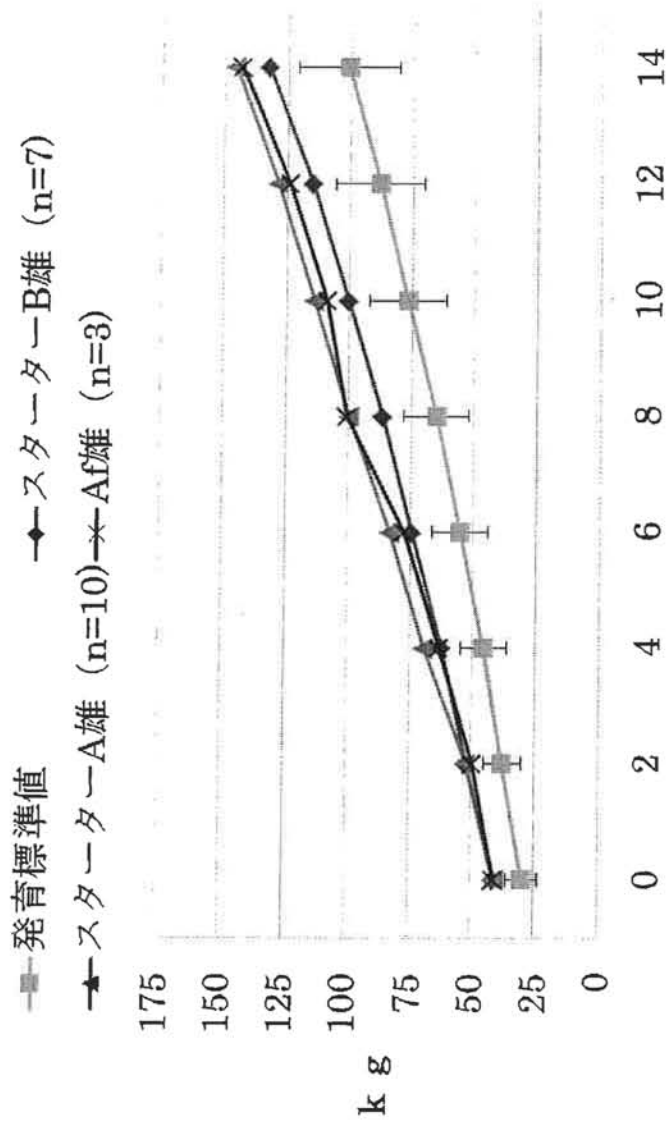
図Ⅱ-3. 人工乳の違いが黒毛和種雌子牛の体重に及ぼす影響

スターA : 粗蛋白質 18%、TDN74%

スターB : 粗蛋白質 20%、TDN74%

Af : 粗蛋白質 20%、TDN56%

発育標準値は、全国和牛登録協会の発育標準値より作成



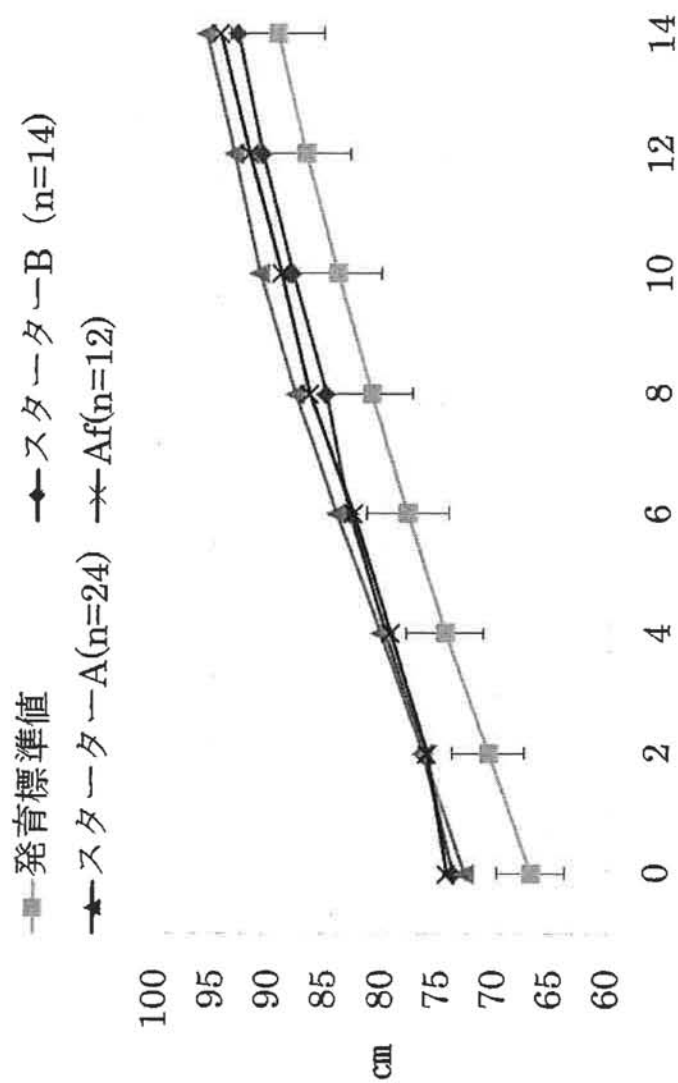
図Ⅱ-4. 人工乳の違いが黒毛和種雄子牛の体重に及ぼす影響

スターターA：粗蛋白質 18%、TDN74%

スターターB：粗蛋白質 20%、TDN74%

Af：粗蛋白質 20%、TDN56%

发育標準値は、全国和牛登録協会の发育標準値より作成



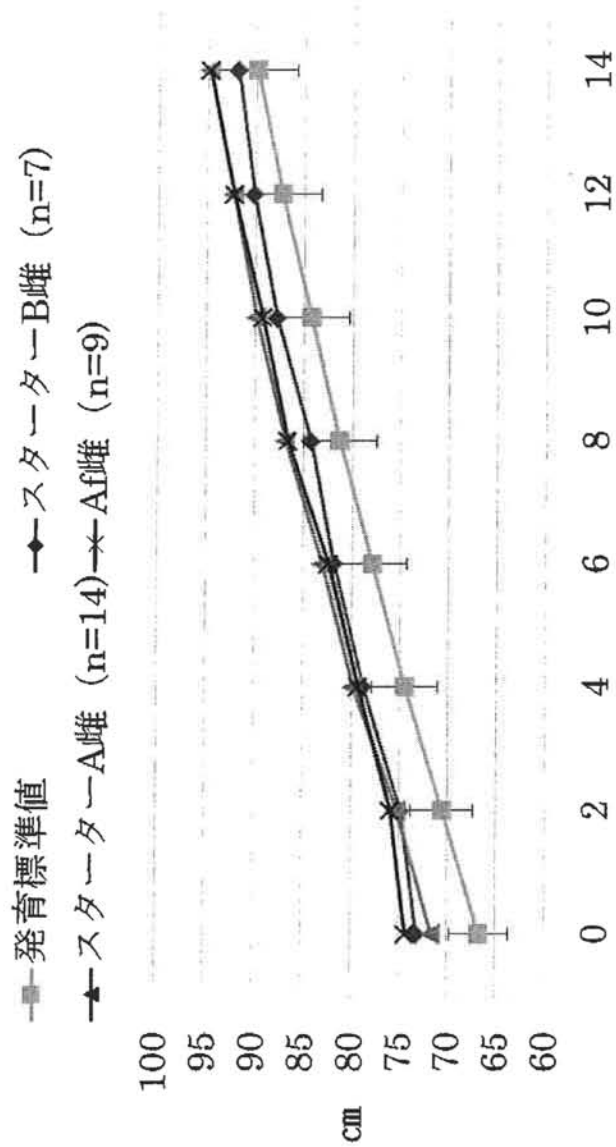
図Ⅱ-5. 人工乳の違いが黒毛和種子牛の体高に及ぼす影響

スターターA : 粗蛋白質 18%、TDN74%

スターターB : 粗蛋白質 20%、TDN74%

Af : 粗蛋白質 20%、TDN56%

発育標準値は、全国和牛登録協会の発育標準値より作成



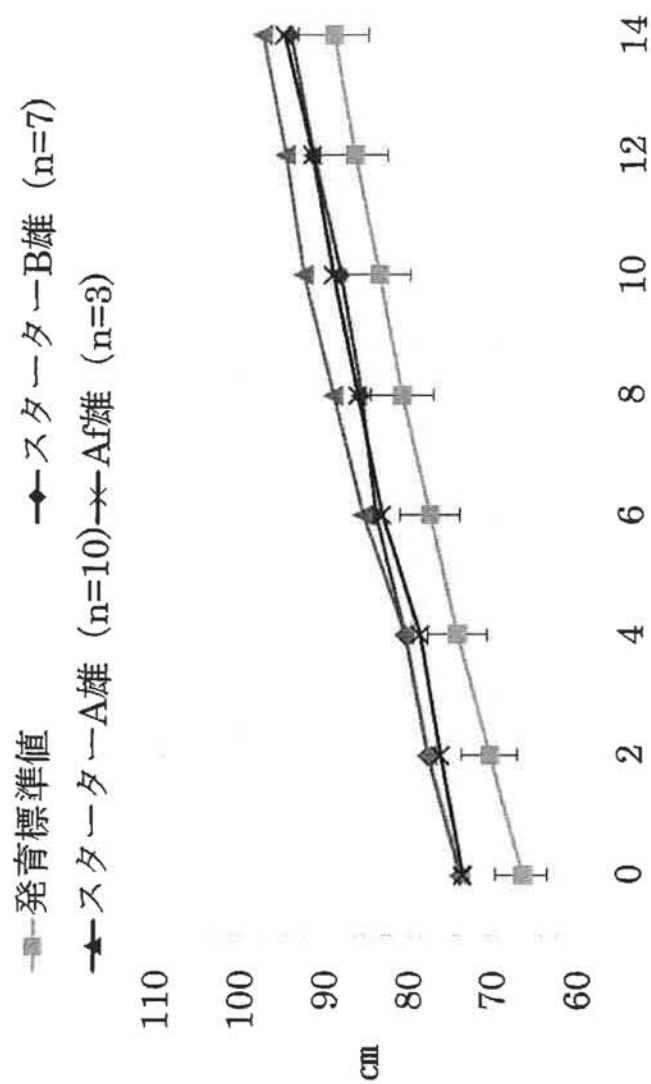
図Ⅱ-6. 人工乳の違いが黒毛和種雌子牛の体高に及ぼす影響

スターターA：粗蛋白質 18%、TDN74%

スターターB：粗蛋白質 20%、TDN74%

Af：粗蛋白質 20%、TDN56%

発育標準値は、全国和牛登録協会の発育標準値より作成



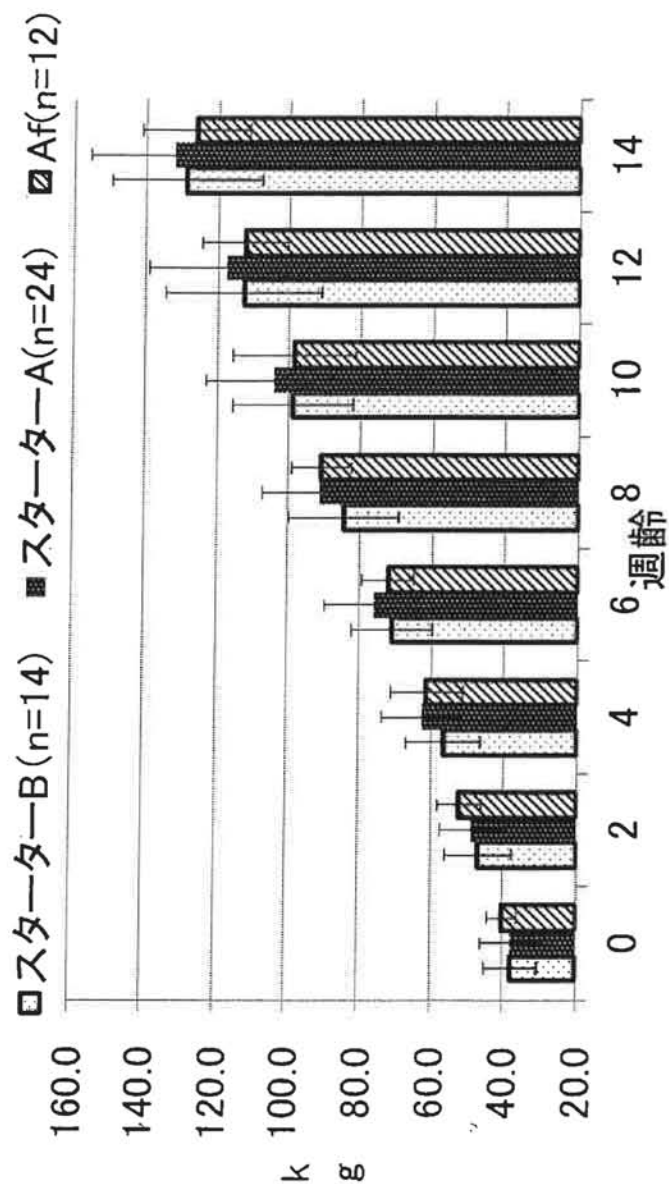
図Ⅱ-7. スターターの違いが黒毛和種雄子牛の体高に及ぼす影響

スターターA: 粗蛋白質 18%、TDN74%

スターターB: 粗蛋白質 20%、TDN74%

Af: 粗蛋白質 20%、TDN56%

发育標準値は、全国和牛登録協会の发育標準値より作成

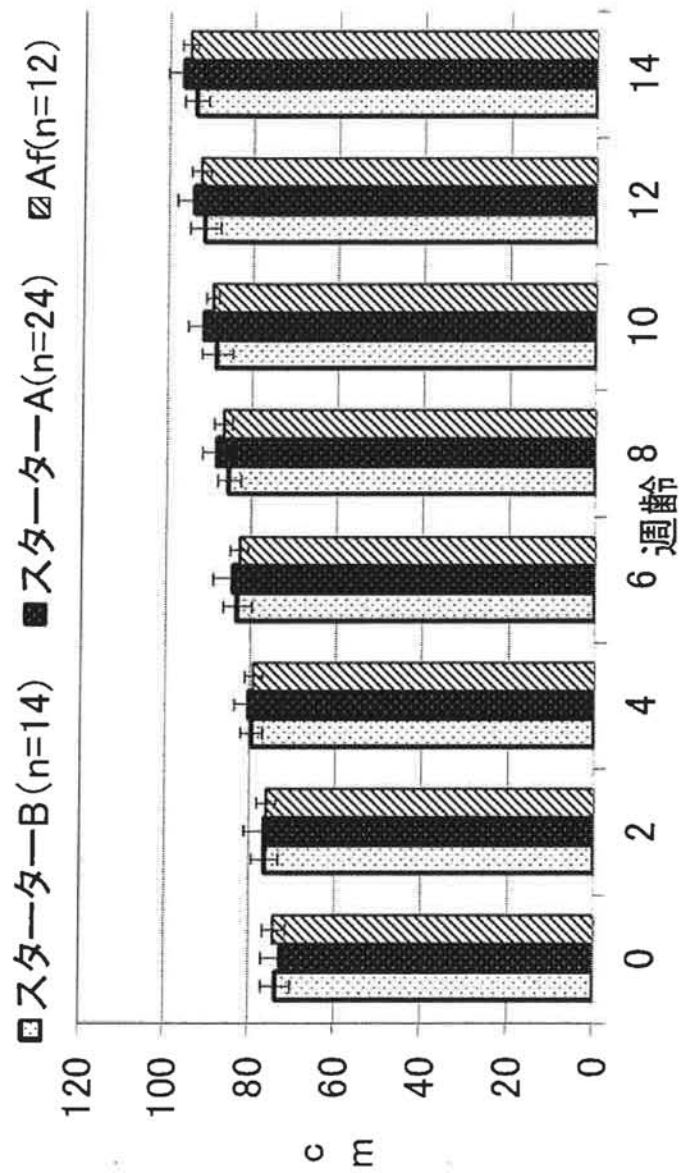


図Ⅱ-8. スターターの違いが黒毛和種子牛の体重に及ぼす影響

スターターA : 粗蛋白質 18%、TDN74%

スターターB : 粗蛋白質 20%、TDN74%

Af : 粗蛋白質 20%、TDN56%

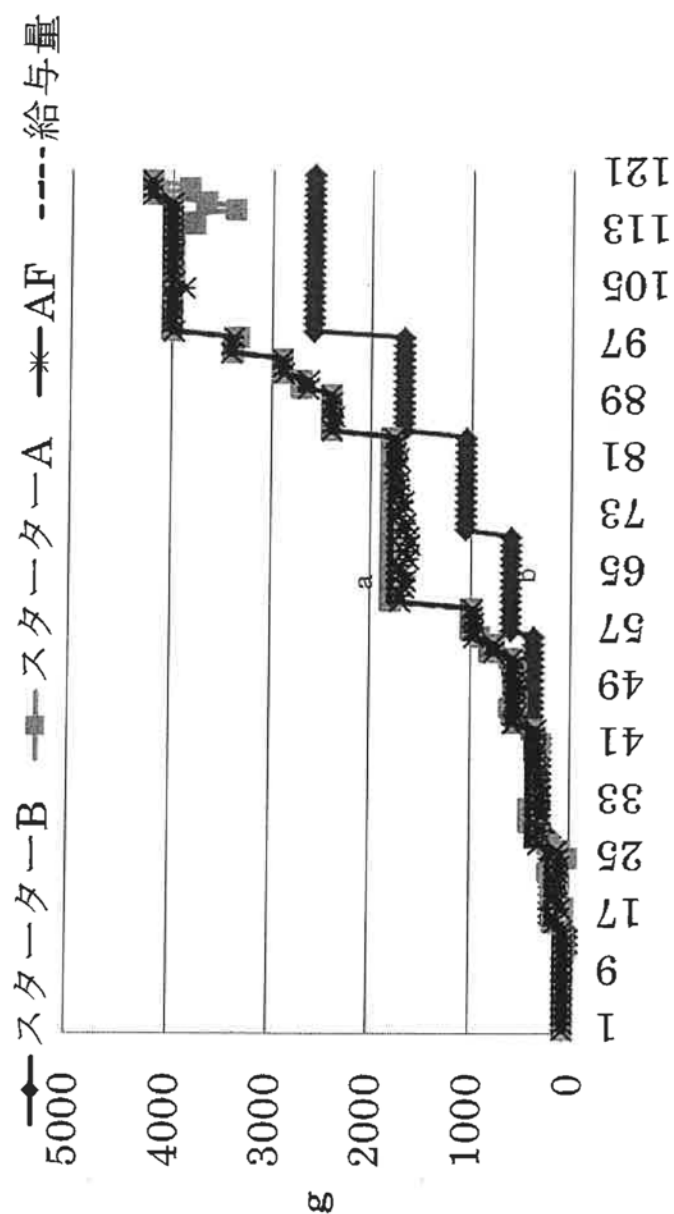


図Ⅱ-9. スターターの違いが黒毛和種子牛の体高に及ぼす影響

スターターA: 粗蛋白質 18%、TDN74%

スターターB: 粗蛋白質 20%、TDN74%

Af: 粗蛋白質 20%、TDN56%



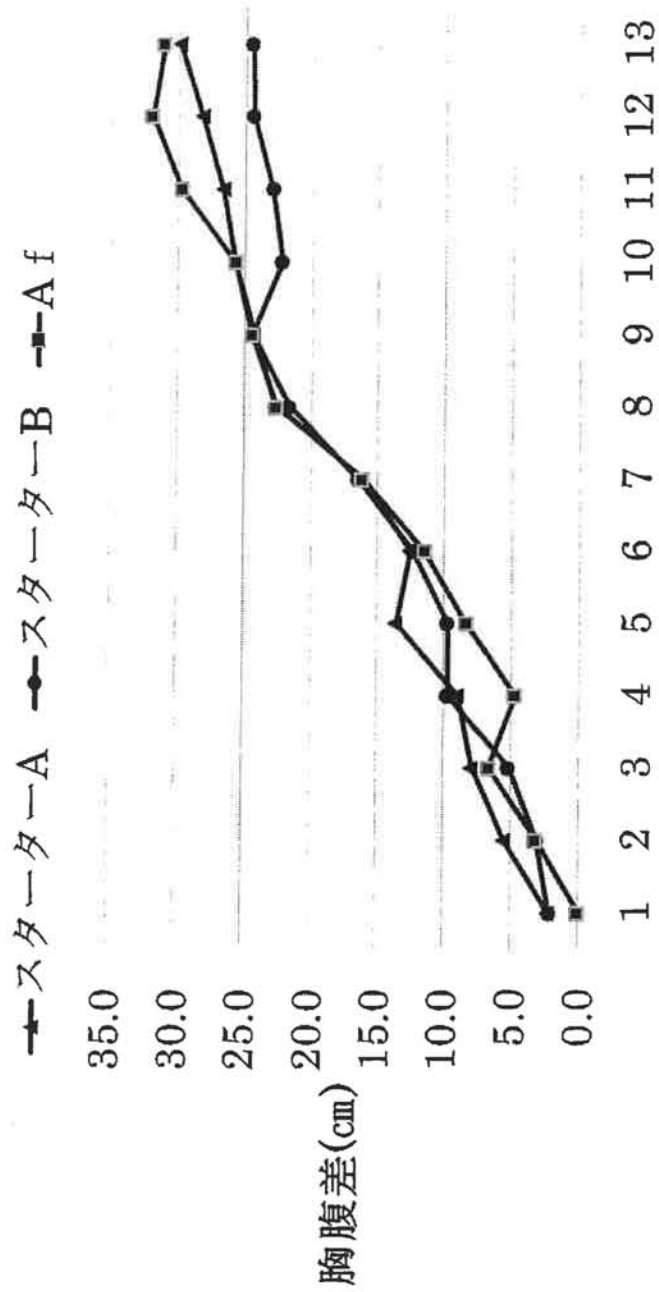
図Ⅱ-10. スターターの違いが黒毛和種子牛の濃厚飼料採食量に及ぼす影響

スターターA: 粗蛋白質 18%、TDN74%

スターターB: 粗蛋白質 20%、TDN74%

Af: 粗蛋白質 20%、TDN56%

a-b: 64 日齡以降のスターターA 区、Af 区と B 区の間に有意差あり ($p < 0.05$)



図Ⅱ-11. スターターの違いが黒毛和種子牛の胸囲と腹囲の差に及ぼす影響

スターターA：粗蛋白質 18%、TDN74%

スターターB：粗蛋白質 20%、TDN74%

Af：粗蛋白質 20%、TDN56%

表Ⅱ-1. スターターの違いが黒毛和種子牛の体重、体高およびDGに及ぼす影響

測定項目	測定時期	スターター		
		スターターA (n=14)	スターターB (n=24)	Af (n=12)
体重(kg)	生時	34.5±4.2 ¹⁾	34.2±6.4	33.9±4.4
	離乳	112.6±21.6	117.7±21.2	112.4±12.1
	DG	1.25	1.30	1.24
	生時	73.6±3.4	72.6±4.5	74.2±2.7
体高(cm)	離乳	91.2±3.5	93.6±4.1	92.3±2.3
	発育標準値(σ)	1.5 ²⁾	2.1	1.8

¹⁾ 平均±標準偏差

²⁾ DGは離乳時の体重を日齢で除したもの

表II-2. スターターの違いが黒毛和種子牛雌雄に於いての体重、体高およびDGに及ぼす影響

測定項	測定	スターターA		スターターB		Af	
		雄 (n=7)	雌 (n=7)	雄 (n=10)	雌 (n=14)	雄 (n=3)	雌 (n=9)
目	時期						
	生時	36.2±4.4 ¹⁾	32.9±3.3	36.5±7.0	32.5±5.6	31.9±4.4	34.6±4.5
	離乳	114.8±26.9	104.6±15.0	128.3±21.4	110.1±18.1	123.7±7.0	108.7±15.1
体重 (kg)							
DG		1.27	1.16	1.42	1.22	1.37	1.20
体高 (cm)							
生時		74.0±2.4	73.2±4.4	73.9±4.4	71.7±4.7	73.7±2.1	74.3±3.0
離乳		92.1±3.2	90.2±3.8	95.5±4.3	92.3±3.5	92.3±3.2	92.2±2.2

¹⁾ 平均±標準偏差

第4節 考察

アルファルファはタンパク質と繊維に特化した牧草であり、粗タンパク質はイネ科牧草の1.4～3.3倍で、全飼料作物の中で最も栄養成分に優れた飼料である。また、消化率も高く、ルーメン内をそのまま通過するバイパスタンパク質を多く含んでいる[3、34、47、54]。

幼齢牛に対する粗飼料給与の是非については、報告によって差がみられる。Roy ら[42]はルーメン内微生物が増殖途中の幼齢の子牛にはサイレージは給与するべきではないと述べている。川崎ら[16]もサイレージの早期からの給与は消化器障害や体型的な崩れの誘因になると報告している。一方、井上ら[11]は、哺育期間中のサイレージ給与は発育に対して促進効果があると報告している。サイレージは乳牛と肉牛の嗜好性が高いという報告[54]があり、本研究においても Af の残飼量は他の区に比べ少なく、他の区を含めて川崎ら[16]が指摘したような体型的崩れや発育停滞はみられず、全国和牛登録協会の発育標準値の平均値以上の発育値が得られた。

ペンシルバニア州立大学[40]は 2003 年に哺育期間は NDF が多く含まれる粗飼料は給与せず、スターターと代用乳のみの給与が第一胃の発達を促すと報告している。この他にも、

哺乳時期の子牛に粗飼料は給与しない方が良いということが報告されている[23、25]。一方、Terré ら[55]は哺乳期間中に細断した粗飼料給与は子牛のルーメンの発育を促進すると報告している。子牛は生後 2～3 週間ごろから反芻が始まり[6]、第一胃内の胃壁を覆う半絨毛の発育を誘発する刺激は、固形飼料の物理的な要因よりも、粗飼料分解時の発酵によって産生された VFA の化学的要因が大きいと報告[9]されている。このことから、子牛への粗飼料給与の効果は少ないと考えられる。本研究の Af 給与区の子牛の発育が他の 2 区と同等で発育標準値も 1.8σ と高かったことから粗飼料給与の効果が示されたと考えられる。

また、奥島ら[39]はスターターを 1 日約 1.4 kg までに制限したうえでグラスサイレージを給与した区と乾草を給与した区を比較した結果、サイレージ給与区の発育が劣ったと報告している。また、さらに彼らは嫌気性発酵したサイレージを給与することにより、嫌気性発酵の第一胃にとって早期発達や生物的、化学的な影響があり、サイレージを給与する際、栄養価の高いスターターを十分量給与することで、子牛の増体に弊害はないと報告している。さらに、乾草の代替としてサイレージを多量給与するのではなく、乾草の給与に加え、サ

イレージを 50 g 程度給与することでも子牛の発育促進がみられると報告している[39]。井上ら[11]はホルスタイン子牛において、乾草給与区に比べグラスサイレージ給与区は増体が良い結果であったと報告している。また、アルファルファ自体が、 β カロテン、カルシウムを多く含んでいることから、生理機能の活性や、骨の成長に直接作用するとも述べている[31]。

本研究では、乾草を飽食とし、スターターの代替としてアルファルファ発酵飼料を給与した。乾草給与による下痢は見られず、アルファルファ発酵飼料給与が原因と思われる発育停滞や下痢も見られなかった。

第一胃の発育の客観的評価として、腹囲と胸囲の差の測定が有効であることが報告[10]されている。離乳時に胸囲と腹囲の差が 20 cm を超え、市場出荷時(8 か月から 10 か月齢)には平均 30 cm 近くなることが知られている[10]。本研究では Af 区の胸囲と腹囲の差が離乳前に他の区に比べ大きい傾向がみられた。また、胸囲と腹囲の差が大きい牛は皮下脂肪厚が薄いことから、Af の採食により第一胃が発達したと推察された[10、15、38]。

本研究では、Af 給与を行ってもルーメンの異常発酵等は認

められず、全ての区において全国和牛登録協会の発育標準値の平均値以上の発育値[58、59]が得られた。

以上のことから、黒毛和種子牛においてアルファルファ発酵飼料をスターターの代替として利用できる可能性が示された。今後の課題として、水分量の多いアルファルファ発酵飼料はスターターと同量の代替では乾物摂取量が不足すると考えられるため、給与量の再検討を行う必要がある。

第 5 節 要約

黒毛和種子牛にスターターとしてアルファルファ発酵飼料 (Af) を給与した場合の発育に与える影響について調べた。2014 年生まれの子牛 12 頭を用い、Af (CP20%、TDN56%) を給与した。Af 給与量は生後 8～11 日 50 g、12～22 日 150 g、23～61 日 200 g、62～66 日 300 g、67～71 日 400 g、72～76 日 500 g、77～81 日 600 g、82～86 日 700 g、87～90 日 800 g である。Af 給与区の発育値をスターター A (CP20%、TDN74%、14 頭) または B (CP18%、TDN74%、24 頭) を給与した区および全国和牛登録協会の発育標準値と比較した。スターター給与量は生後 8～15 日 50 g、16～26 日 200 g、27～43 日 400 g、44～60 日 600 g、61～75 日 800 g、76～90 日 1000 g である。育成飼料は全て生後 62 日に 200g から開始し 5 日毎に 100g 増量した。Af 給与区の体高および体重は、標準発育値より高い値で推移した。また、A および B 区の体重および体高と比較しても差がなかった。生後 90 日齢の日増体重はに差はみられなかった。以上の結果から、Af は穀物を主成分とするスターターの代替飼料として利用できる可能性が示唆された。

第Ⅲ章 総括

黒毛和種においても近年、大規模経営が増加し、早期離乳、人工哺乳、ロボット哺乳などの技術導入が増えている。また、近年では代用乳の成分や給与量、スターターの給与法の検討に関する研究[25、28、29、43]が増えている。

そこで本研究の一章では、人工哺乳における哺乳量ならびに栄養成分が、離乳後の子牛の発育、子牛市場価格、肥育成績、雌子牛の春機発動や性成熟、に及ぼす影響について検討した。二章では、黒毛和種子牛用の穀物主体のスターターの代替飼料として、アルファルファの発酵飼料を給与し、子牛の発育に与える影響について検討した。

第Ⅰ章 黒毛和種子牛における哺乳量および代用乳の栄養成分が子牛の発育に及ぼす影響

黒毛和種子牛における哺乳量および代用乳の栄養成分が子牛の発育に及ぼす影響について検討し、その後の子牛市場価格、肥育成績、繁殖用後継牛として保留した雌子牛の春機発動や性成熟について調査した。

供試牛には、2012 年度から 2015 年度に生まれた子牛 51 頭を用いた。母子は分娩後 7 日目まで同居させ自然哺乳を行った後、子牛をカーフハッチに移し、栄養成分の異なる 3 種類の代用乳を用いて人工哺乳を行った。供試牛は、高蛋白・低脂肪の代用乳を用いた A 区(粗蛋白質 28.0%、粗脂肪 18.0%)、高蛋白・高脂肪の代用乳を用いた B 区(粗蛋白質 26.0%、粗脂肪 26.0%)、一般的な蛋白質および脂肪含量の代用乳を用いた C 区(粗蛋白質 27.0%、粗脂肪 19.0%)および制限哺乳法の D 区に区分した。供試牛は A 区 18 頭、B 区 14 頭、C 区 12 頭、D 区 7 頭であった。A 区と C 区は代用乳を一日最大 80 与え、B 区は最大 6~80 与えた。離乳は全て 90 日齢で行い、朝夕の濃厚飼料の採食量(残飼量の測定)を毎日記録した。離乳時の体重は A 区が 125.8 ± 19.8 kg、B 区が 106.8 ± 10.6 kg、C 区が 110.9 ± 17.1 kg、D 区が 106.8 ± 27.4 kg であった。離乳時の体高は、A 区が 93.0 ± 4.0 cm、B 区が 92.3 ± 3.5 cm、C 区が 92.8 ± 3.5 cm、D 区が 89.9 ± 3.4 cm であった。A 区および C 区が D 区比べて離乳時の体重、体高は有意に大きかった($P < 0.01$ 、 $P < 0.05$)。初回排卵の日数は D 区 256.0 ± 7.1 日、C 区 266.0 ± 17.0 日、B 区 270.2 ± 32.5 日、A 区 286.8 ± 29.3 日の順に早い傾向であった。初回発情の日数は D 区 254.0 ± 7.1

日、B区 268.5 ± 32.4 日、A区 273.3 ± 41.3 日、C区 283.5 ± 13.2 日の順に早い傾向であった。初回排卵、初回発情時の体重および体高はA区、C区、B区、D区の順に値が大きかった。

全国和牛登録協会の審査得点はA区およびC区が82.7点の同点数で、B区81.3点、D区80.6点の順に高かった。A区、B区およびC区は全国平均である80.95点を上回った。

子牛市場出荷日齢は去勢のC区が、雌はC区が早く、出荷時の体重は去勢の雄においてA区の雄が、雌はC区が高かった。

肥育牛の出荷時体重は、C区の去勢が795 kg、雌が778 kgでD区の去勢が802 kg、雌が780 kgでどの区においても差は見られなかった。

以上の結果からタンパク含量が高く、脂肪含量の低い代用乳の1日あたり80哺乳は一般的な成分含量の代用乳より、子牛の発育および離乳後の生産性が良い可能性が示された。

第Ⅱ章 スターターとしてのアルファルファ発酵飼料の 給与が黒毛和種子牛の発育に及ぼす影響

黒毛和種子牛にスターターとしてアルファルファ発酵飼料

(Af) を給与した場合の発育に与える影響について調べた。

Af を給与した供試牛は 2014 年生まれの子牛 12 頭を用い、Af (CP20%、TDN56%) を給与した。Af 給与量は生後 8～11 日 50 g、12～22 日 150 g、23～61 日 200 g、62～66 日 300 g、67～71 日 400 g、72～76 日 500 g、77～81 日 600 g、82～86 日 700 g、87～90 日 800 g であった。体重、体高、DG、胸囲、腹囲をスターター A (CP20%、TDN74%、14 頭) または B (CP18%、TDN74%、24 頭) を給与した区および全国和牛登録協会の発育標準値と比較した。スターターの給与量は生後 8～15 日 50 g、16～26 日 200 g、27～43 日 400 g、44～60 日 600 g、61～75 日 800 g、76～90 日 1000 g、77～81 日 600 g、82～86 日 700 g、87～90 日 800 g である。育成飼料は全て生後 62 日に 200g から開始し 5 日毎に 100g 増量した。体格測定は、体重、体高、腹囲、胸囲、DG を 2 週間毎に実施した。Af 給与区の体高および体重は、発育標準値より高い値で推移した。また、A および B 区の体重および体高と比較しても差はなかった。生後 90 日齢の日増体重は Af 給与区 1.2kg、A 区 1.25kg、B 区 1.30kg で各区間に有意な差はみられなかった。以上の結果から、アルファルファ発酵飼料は穀物を主成分とするスターターの代替飼料として利用できる可能性が示唆された。

本研究の結果より、高蛋白、低脂肪含量の代用乳を1日8ℓ
哺乳する哺乳方法が黒毛和種子牛の発育が早いということが
わかった。また、穀物を主成分としたスターターを給与した
区とアルファルファ発酵飼料を利用した子牛の体重、体高に
差は見られなかったことから、穀物を主体とするスターター
の代替飼料として利用できる可能性が示唆された。本研究の
成果は、近い将来、黒毛和種経営の発展に寄与すると期待さ
れる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、終始ご指導賜りました酪農学園大学大学院酪農学研究科家畜繁殖学の堂地 修教授、動物生殖工学今井 敬教授、中辻 浩喜教授、獣医学類小岩 政照教授高橋 茂教授、心より感謝申し上げます。また、ご協力頂きました全国酪農業協同組合連合会、ファイバーフレッシュ、本学園付属元野幌肉牛牧場の職員の皆様、家畜繁殖学研究室、動物生殖工学研究室および家畜改良学研究室の学生各位に心より感謝申し上げます。

Empirical studies on the improvement of feeding techniques of milk replacer in Japanese Black cattle calves

Recently, the number of Japanese Black cattle farms has been decreasing. However, the number of cattle per farmer has been increasing. Calves are weaned at 3 to 7 days after birth and feed milk replacer (MR) is used in large operation farms. The growth of calves until 3 to 4 months is important to future growth because the body size of calves affects the price in the fattening market and carcass performance, such as carcass weight and price. Therefore, the feeding technique of MR should be improved in Japanese Black cattle calves.

Recently, the cost of feed, especially the cost of crops, for cattle has been increasing in Japan, as well as in other countries. Thus, economic conditions are becoming tougher each year for Japanese Black cattle farms. Feeding could be decreased by innovative feeding techniques and improvement of feed quality for Japanese Black cattle.

In this study, therefore, two experiments were conducted. The first evaluated the effects of volume and components of MR,

and the second to investigate the effects of alfalfa silage provision on the growth performance of Japanese Black cattle calves.

Effects of volume and components of milk replacer on growth performance of Japanese Black cattle calves

Fifty-one Japanese Black cattle calves were used in this study. The calves were separated from their mother 8 days after birth and placed in individual wooden pens. Calves were fed three types of MR containing different concentrations of crude protein (CP) and fat. Group A (n = 18) was high protein/low fat (HPLF; 28% CP, 18% fat), Group B (n = 14) was high protein/high fat (HPHF; 26% CP, 26% fat), Group C (n = 12) was the control (27% CP, 19% fat), and Group D (n = 7) included calves allowed restricted suckling of their dam (2 times per day). The feeding volume of MR began at 4 L (200 g L⁻¹) per day, was gradually increased to 6 to 8 L (Group B) or 8 L (Group A and C) by 30 days of age, and was then held constant until 60 days of age. After which, feeding volume of MR was gradually decreased to zero by 90 days of age. All calves were weaned by 90 days of age.

Group A (125.8 ± 19.8 kg) and C (110.9 ± 17.1 kg) had greater average body weight (BW) at weaning than did Group D (110.9 ± 17.1 kg) ($p < 0.05$). Group A (93.0 ± 4.0 cm) and C (92.8 ± 3.5 cm) had greater average withers height at weaning than did Group D (89.9 ± 3.4 cm) ($p < 0.05$). Dairy body weight gain was higher in Group A than in Group C ($p < 0.05$) or Group D ($p < 0.01$). No significant differences in age (days) at initial ovulation and estrus were observed among groups. These results indicate that feeding MR containing high protein and low fat to Japanese Black cattle calves improved growth performance.

Effects of alfalfa silage feeding on the growth performance of Japanese Black cattle calves

Fifty Japanese Black cattle calves were used in this study. The calves were separated from their mother 8 days after birth and placed in individual wooden pens. Calves were fed one of two starters (Starter A; CP 20%, TDN 74%, $n = 14$, Starter B; CP 18%, TDN 74%, $n = 24$) or alfalfa silage (Af; CP 20%, TDN 56%, $n = 12$). Feeding of Af began at 50 g day^{-1} , and was gradually increased to

800 g day⁻¹ by 87 to 90 days of age (specifically, 50 g day⁻¹ by 8 to 11 d, 150 g day⁻¹ by 12 to 22 d, 200 g day⁻¹ by 23 to 61 d, 300 g day⁻¹ by 62 to 66 d, 400 g day⁻¹ by 67 to 71 d, 500 g day⁻¹ by 72 to 76 d, 600 g day⁻¹ by 77 to 81 d, 700 g day⁻¹ by 82 to 86 d, and 800 g day⁻¹ by 87 to 90 d). Feeding of both starters began at 50 g day⁻¹, and was gradually increased to 1,000 g day⁻¹ by 76 to 90 days of age (specifically, 50 g day⁻¹ by 8 to 15 d, 200 g day⁻¹ by 16 to 26 d, 400 g day⁻¹ by 27 to 43 d, 600 g day⁻¹ by 44 to 60 d, 800 g day⁻¹ by 61 to 75 d, and 1,000 g day⁻¹ by 76 to 90 d). Feeding of MR began at 4 L (200 g L⁻¹) per day, was gradually increased to 8 L by 30 days of age, and was kept constant until 60 days of age. After which, the volume of MR was gradually decreased to zero by 90 days of age. All calves were weaned by 90 days of age. Concentrated feed was fed from 62 days of age beginning at 200 g and increased by 100 g every 5 days.

Calves in Group Af had greater average BW and withers height than the standard growth curve for Japanese Black cattle (published by Wagyu Registry Association in Japan). No significant differences in average BW and withers height were detected among groups. Moreover, there were no significant differences in dairy

body weight gain at weaning among groups. The results of this study indicate that Af can be used as an alternative starter that consists primarily of crops.

In conclusion, feeding high volumes of MR containing high protein and low fat to young Japanese Black cattle calves improved growth performance. Furthermore, alfalfa silage can be fed to young Japanese Black cattle calves without affecting the growth performance and can be used as an alternative starter that consists primarily of crops. Thus, the results of this study may contribute to the development of Japanese Black cattle farming in the near future.

引用文献

- 1) 阿部帆波. 2009. 哺乳方法の違いが黒毛和種子牛の発育と親牛の繁殖機能回復に及ぼす影響. 酪農学園大学短期大学部酪農学科卒業論文. 108-164.
- 2) 阿部帆波. 2011. 肉用牛における泌乳量が分娩後の繁殖機能回復および子牛の初期発育に及ぼす影響. 酪農学園大学酪農学部酪農学科卒業論文. 137-179.
- 3) アルファルファ導入ガイド編集委員会. 2003. アルファルファ導入ガイド. アルファルファ導入ガイド編集委員会. 北海道.
- 4) 別府 成、西 博巳、坂下邦仁、田原則雄. 2003. 代用乳給与回数および代用乳溶解濃度が黒毛和種哺乳子牛の飼料摂取量および発育に及ぼす影響. 鹿児島県畜産試験場研究報告, 37:41-45.
- 5) Coulter, GH., TD. Carruthers., RP. Amann., GC. Kozub. 1987. Testicular development, daily sperm production and epididymal sperm reserves in 15-mo-old Angus and Hereford bulls: effects of bull strain plus dietary energy. J. Anim. Sci., 64:254-260.
- 6) Drackley, JK. 2008. Calf nutrition from birth to

breeding. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24:55-86.

- 7) 広岡博之、長命洋佑. 2005. 昭和初期から現在までの和牛雌牛の発育様相の変遷に関する一検討. *肉用牛研究会報*, 79:9-14.
- 8) 濱野光市、徳田陽子、大島浩二. 2001. 黒毛和種幼若雄ウシにおける精巢細胞の分化に関する組織学的研究. *信州大学農学部紀要*, 37:127-135.
- 9) 広瀬可恒. 1973. 反芻胃をめぐる消化栄養の生理. *化学と生物*, 11:490-498.
- 10) 出雲将之. 2008. 理想的な子牛のつくり方 (基本編・新連載). *養牛の友*, 384:60-64.
- 11) 井上 良、南条 巖. 1975. ホルスタイン種雄子牛の哺育 (I): サイレージ給与と哺育期間延長の効果について. *神戸大学農学部研究報告*, 11:353-356.
- 12) 磯崎良寛、稲田 淳、浅岡壮平、浅田研一. 2008. 黒毛和種子牛強化哺育時における代用乳・人工乳給与プログラムの検討. *西日本畜産学会報* 51:89-92.
- 13) 入江正和. 2015. 肉用牛の科学. 129-148. 養賢堂. 東京.
- 14) 上坂章次. 1979. 和牛大成. 36-38. 養賢堂. 東京.

- 15) 北村千寿. 2006. 黒毛和種子牛の家畜市場出荷時情報の肥育への活用. 畜産技術, 612:14-17.
- 16) 川崎 勉、藤田 裕、橋爪徳三. 1971. 幼齡牛における粗飼料の利用能力. 帯広畜産大学学術研究報告. 第 I 部, 7:271-279.
- 17) 久馬 忠、滝沢静雄、高橋政義、菊池武昭. 1979. 草地における肉用牛の泌乳性と哺乳子牛の發育に関する研究. 東北農業試験場研究報告, 60:73-90.
- 18) 久米新一. 2013. 子牛の栄養・代謝特異性. 家畜感染症学会誌, 2:51-56.
- 19) 久米新一. 2013. 黒毛和種子牛の栄養管理と疾病予防. 関西畜産学会報, 171:9-15
- 20) 桑田幸人. 1998. フリーストールと母牛分離方式に基づく和牛繁殖雌牛および子牛の省力的飼養管理システムの開発. 麻布大学大学院 獣医学研究科 博士論文 乙第 369 号.
- 21) 松雪暁子、日高健雅、横田文彦、吉上 渉. 2012. 和牛受精胚産子のほ育育成技術の検討. 広島県獣医学会雑誌, 27:25-30.
- 22) 宮崎珠子、宮崎雅雄、安田 準、岡田啓司. 2010. 超

- 音波画像診断法による第四胃内カード形成状態の評価法,
産業動物臨床医誌, 1:54-61.
- 23) 三浦新平、相田 清、阿部省吾. 2007. 乳雄哺育牛における粗飼料非給与飼育法の血液生化学的変化と消化管機能へ及ぼす影響. 日本家畜臨床学会誌, 30:108-109.
- 24) 宮腰雄一、本間暁子、勝海喜一、関 誠、長谷川 元、今井明夫、波多野正蔵. 1995. 黒毛和種 ET 産子の哺育育成技術. 新潟県畜産試験場研究報告, 11: 11-15.
- 25) 森 祐介、中島伸樹、山本幸司、松延義弘. 2008. 肉用子牛の発育性向上のための飼料給与方法の検討. 山口県畜産試験場研究報告, 23:37-40.
- 26) 森田 猛. 2009. 子牛の科学. 111-140. 181-204. チクサン出版社. 東京.
- 27) Khan, MA., DM. Weary. and Von Keyserlingk, MAG. 2011. Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. J. Dairy Sci., 94: 1071-1081.
- 28) 森下 忠、瀧澤秀明、石井憲一、松井 誠. 2004. 初期発育に優れた黒毛和種雄子牛の人工哺乳方法. 愛知農総試研報, 36:75-80.

- 29) 錦織美智子、岩成文子、森脇俊輔、土屋 博. 2010. 島根県産の黒毛和種牛に適した人工哺育体系の検討. 島根県畜産技術センター研究報告, 41:6-10.
- 30) 農林水産省. 平成 27 年度畜産統計調査. 枝肉成績とりまとめ概要 (平成 26 年度). 近年の穀物輸入状況 (平成 25 年).
- 31) 野中敏道. 2000. 高蛋白質給与による乳牛子牛の早期育成. 西日本畜産学会報, 43:7-15.
- 32) 野田昌伸. 2006. 代用乳追加給与による黒毛和種子牛の発育改善技術. 近畿中国四国地域における新技術, 5:124-125.
- 33) 農文協. 1982. 100-112. 肉牛飼養全科. 東京
- 34) 内田仙二、大島光昭監修 1995. サイレージの生化学. 216-278. デーリィ・ジャパン. 東京.
- 35) 大久保正彦、林 義朗. 1997. 乳牛と肉牛の育成、140-142. デーリィマン社. 東京.
- 36) Okada, K. J. Kato., T. Miyazaki., S. Sato. and J. Yasuda. 2010. The effect of frequent milk feeding on abomasal curd formation of Holstein calves. Anim. Sci. J., 81:85-88.

- 37) 岡田啓司、菊地 薫、三浦 潔、佐藤利博、森田 靖、田
高 恵、金田義宏. 1997. 黒毛和種子牛の白痢とアルコ
ール不安定母乳の関係. 日本獣医師会雑誌, 50:74-79.
- 38) 太田垣進一. 2008. 系統牛を飼いこなす. 56-64. 農文協.
東京
- 39) 奥島史朗、今野芳朗、井上良. 1980. ホルスタイン種雄
子牛の哺育におけるサイレージ給与の影響. 岡山大学農
学部学術報告, 55:25-30.
- 40) The Pennsylvania State University: Feeding the
Newborn Dairy Calf (2003),
[http://www.extension.org/pages/Feeding_the_Newborn
_Dairy_Calf](http://www.extension.org/pages/Feeding_the_Newborn_Dairy_Calf)
- 41) Guilloteau, P T. Corring., R. Toullec. and J.
Robelin. 1984. Enzyme potentialities of the abomasum
and pancreas of the calf. I.-Effect of age in the
preruminant. Reprod. Nutr. Develop., 24:: 315-325.
- 42) Roy, JHB. 1990. The calf. Volume 1. Management of
health (No. ed. 5). Butterworths. USA.
- 43) 坂瀬充洋、吉田恵実、秋山敬孝、岩木史之、福島護之. 2013.
黒毛和種子牛における代用乳の給与方法の違いがほ育期

- の発育に及ぼす影響. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告. 畜産編, 49:1-5.
- 44) 沢田泰人、矢倉 明、吉原由実子、多久和正. 2002. ホルスタイン種雌子牛の早期離乳方法の検討. 島根県立畜産試験場研究報告, 35:13-16.
- 45) 篠倉和己. 1999. 乳牛を借り腹として生まれた黒毛和種子牛の哺育育成技術. 兵庫農技研報, 35:19-25.
- 46) 柴田章夫. 1987. 新乳牛の科学. 249-255. 農文協. 東京
- 47) 鈴木信治. 1992. アルファルファ(ルーサン). 236-239. 雪印種苗. 北海道.
- 48) 鈴木 修、佐藤匡美. 1985. 肉牛における短期間の制限哺乳が母牛の繁殖機能と子牛の発育に及ぼす影響. 日本産会報, 56:384-390.
- 49) 家畜人工授精講習会テキスト. 2010. 59-176. 社団法人日本家畜人工授精師協会. 東京
- 50) 高橋政義. 1996. これからの和牛繁. 27-28, 46-50, 110-113. 日本畜産振興会. 東京.
- 51) 高山 恵、高橋 茂、今井 敬、堂地 修. 2014. 黒毛和種子牛における哺乳量および代用乳の栄養成分が子牛の発育に及ぼす影響. 繁殖技術, 34:39-41.

- 52) 田村慎吾、外館翔太、中條匡晃、片岡美幸、森脇拓也、
小林央知、佐々木完、星野洋平、萱岡 智、深見亮. 2014.
黒毛和種における体型審査得点と子牛販売価格および飼
養環境の関係. 繁殖技術, 34:46-47.
- 53) 谷本保幸、寺井恵子、波田瑞乃、谷村 篤、 鶴田幸一、
藤原信一. 2006. 哺乳回数の違いが黒毛和種哺乳牛の自
動哺乳システム利用性に及ぼす影響. 日畜会報,
77:245-251.
- 54) 高野信雄、安宅一夫. 1986. サイレージバイブル. 16. 酪農
学園出版部. 北海道.
- 55) Terré, M., M. Devant. And A. Bach. A. 2007. Effect of
level of milk replacer fed to Holstein calves on
performance during the preweaning period and starter
digestibility at weaning. Livestock Science,
110:82-88.
- 56) 塚田このみ、平野政子、亘保敬也、近藤伸一、佐々木涼、
白石一馬. 2013. 肉用牛子牛の精巢の測定値と体格測定
値の関係 (予報), 繁殖技術, 33:25-27.
- 57) 米内美晴、高橋政義. 1993. 黒毛和種子牛の春季発動時期
並びに春季発動前卵巢動態に影響する栄養生理学的な要

因．東北農業試験場研究報告 86：101-118.

58) 全国和牛登録協会．1992．新・和牛百科図説．133-143.

全国和牛登録協会．京都．

59) 全国和牛登録協会．2004．黒毛和種正常発育曲線．全国

和牛登録協会．京都．

60) 全国和牛登録協会．2000．和牛登録事務必携．全国和牛

登録協会．京都．

61) 全国和牛登録協会．1977．和牛の進歩．10．全国和牛登

録協会．京都．